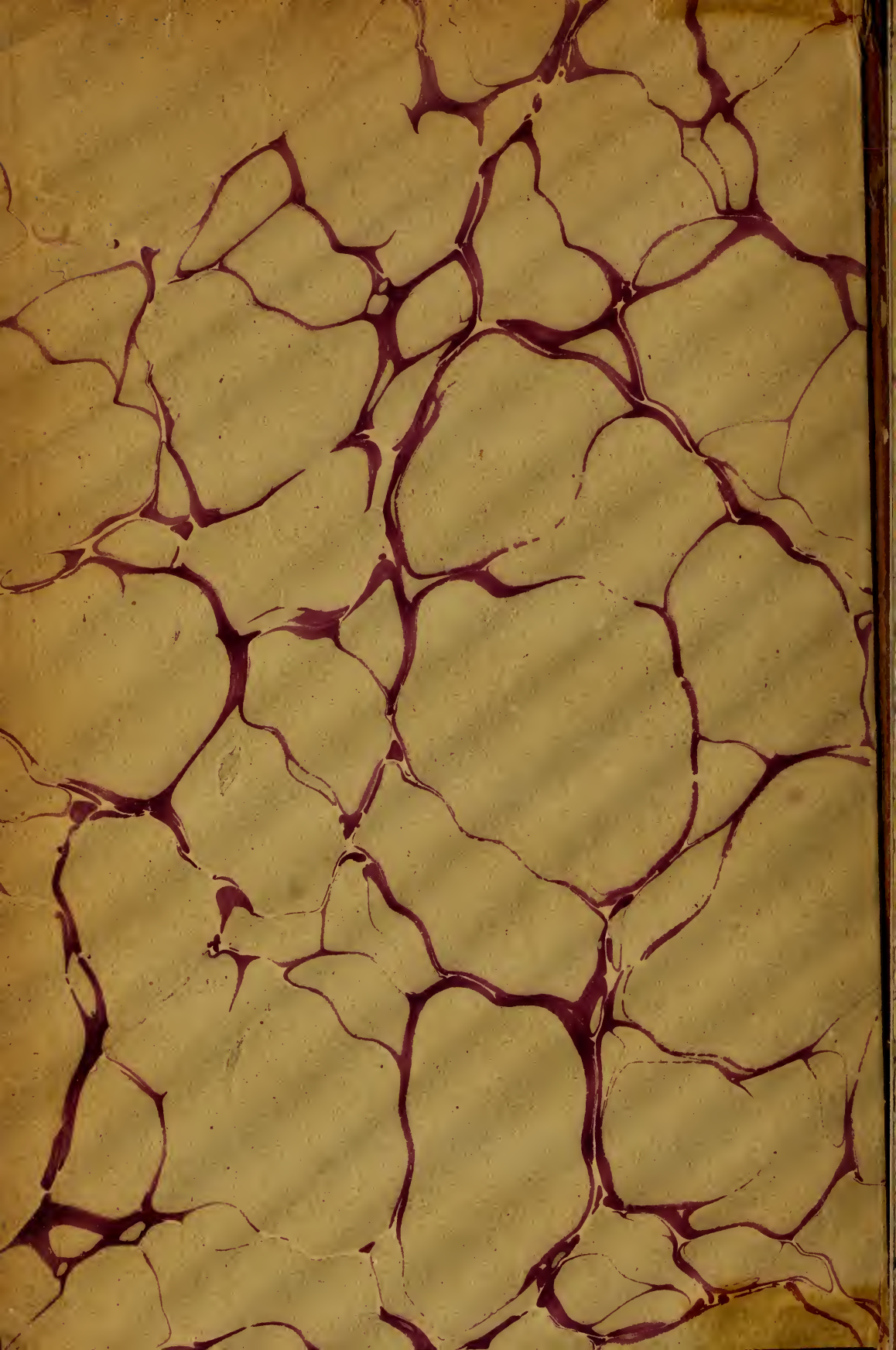
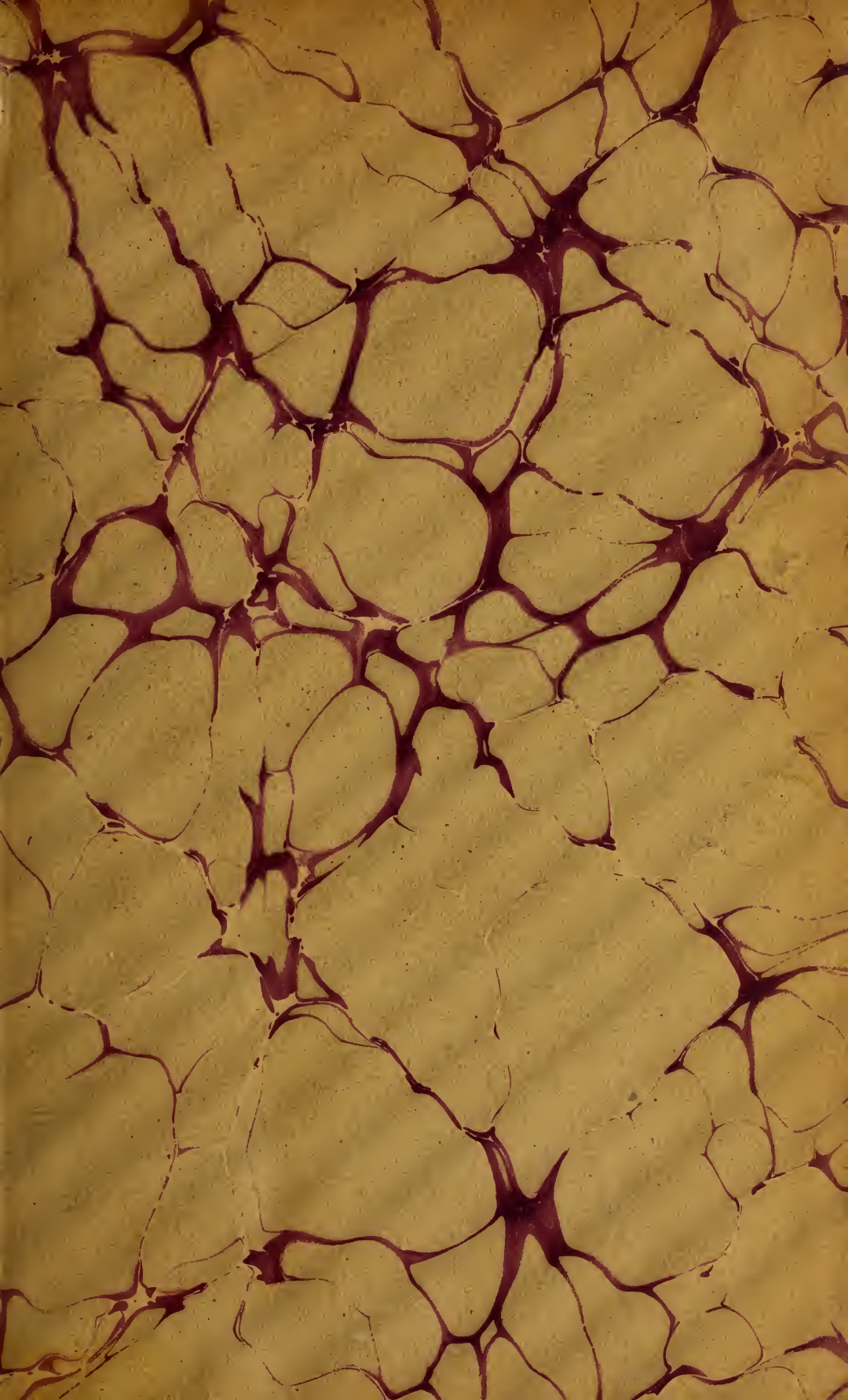
3 1761 0.0049224





LA

FACE DE LA TERRE

(DAS ANTLITZ DER ERDE)

LA
FACE DE LA TERRE

(DAS ANTLITZ DER ERDE)

PAR

ED. SUESS

ANCIEN PROFESSEUR DE GÉOLOGIE A L'UNIVERSITÉ DE VIENNE (AUTRICHE)
ASSOCIÉ ÉTRANGER DE L'INSTITUT DE FRANCE (ACADÉMIE DES SCIENCES)

TRADUIT DE L'ALLEMAND, AVEC L'AUTORISATION DE L'AUTEUR

PAR

EMM. DE MARGERIE

TOME III (1re PARTIE)

AVEC 3 CARTES EN COULEUR ET 94 FIGURES

dont 67 exécutées spécialement pour l'Édition française

59341
28 | 5 | 03

PARIS

LIBRAIRIE ARMAND COLIN

5, RUE DE MÉZIÈRES, 5

1902

Tous droits réservés.

GB
53
S814
t. 3
pt. 1

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

QUATRIÈME PARTIE

LA FACE DE LA TERRE

CHAPITRE PREMIER

Introduction.

Division du sujet, p. 3. — Recherche du plan des lignes directrices, p. 5. — Plissement général des terrains les plus anciens, p. 7.

CHAPITRE II

Le Nord de la Sibérie.

1. L'Asie, p. 10. — 2. L'amphithéâtre d'Irkoutsk, p. 16. — 3. Plaine de la Sibérie Occidentale ; transgressions du détroit de Tourgaï, p. 18. — 4. Succession des terrains dans le plateau de la Sibérie Orientale ; Continent de Gondwana, Téthys et Continent de l'Angara, p. 24. — 5. Vallée de l'Angara; plis marginaux; granite de Nijné-Oudinsk, p. 31. — 6. Podkamennaïa Toungouska, p. 37. — 7. Nijniaïa Toungouska; bas Iénisséi, p. 39. — 8. Ligne de partage entre le Iénisséi et la Léna, p. 43. — 9. Léna et Vilioui, p. 45. — 10. Résumé, p. 47.

CHAPITRE III

Le Faîte primitif.

1. Introduction, p. 53. — 2. Patomské Nagorié, p. 56. — 3. Vitim et Transbaïkalie, p. 59. — 4. Le lac Baïkal, p. 71. — 5. Bordure occidentale du Baïkal, p. 81. — 6. Montagnes situées au Sud du Baïkal, p. 86. — 7. Saïan Oriental, p. 90. — 8. Le horst du Iénisséi, p. 99. — 9. Résumé, p. 102. — 10. Minoussinsk et Saïan Occidental, p. 103. — 11. Tannou-Ola, p. 111. — 12. Khangaï, p. 117. — 13. La Vallée des Lacs, p. 122. — 14. Altaï Mongol, p. 125. — 15. Gobi Oriental, p. 135. — 16. Conclusion, p. 138.

CHAPITRE IV

Formations périphériques à l'Est du Faîte.

1. La ligne de partage des eaux de la Mer Glaciale, p. 141. — 2. Le Grand Khingan, p. 150. — 3. Plaine du haut Amour, p. 155. — 4. Monts Aldan, p. 157. — 5. Monts de la Bouréïa ou Petit Khingan, p. 160. — 6. Mandchourie, p. 166. — 7. Sikhota-Alin, p. 171. — 8. Hokkaido et Sakhalin, p. 175. — 9. Coup d'œil général, p. 186.

CHAPITRE V

L'Altaï et les Altaïdes.

1. La plaine de Tomsk, p. 191. — 2. Alataou de Kouznetsk et Salaïr, p. 195. — 3. Déviation de l'Altaï, p. 199. — 4. La Steppe des Kirghiz, p. 204. — 5. Tien-Chan, p. 208. — 6. Beï-Chan, p. 215. — 7. San-sian-tsy, p. 220. — 8. Loun-Chan, p. 223. — 9. Pied nord du Nan-Chan, p. 227. — 10. Limite occidentale du Nan-Chan, p. 229. — 11. Raccordement du Nan-Chan et des Montagnes de Yarkend, p. 241. — 12. Les Altaïdes, p. 246.

CHAPITRE VI

Les Altaïdes Orientales.

1. Ordos, p. 252. — 2. Les Montagnes du Hoang-ho : Khara-narin-Oula et Ala-Chan, p. 255. — 3. Bifurcation du Nan-Chan oriental, p. 261. — 4. Résumé, p. 263. — 5. Kouen-lun central et oriental, p. 266. — 6. L'avancée des branches occidentales; faisceau de la Birmanie, p. 275. — 7. La séparation des chaînes; faisceau du Yun-nan; le Mékong; massif du Cambodge, p. 287. — 8. L'avancée des branches orientales; le Fleuve Rouge, p. 291. — 9. Résumé, p. 298. — 10. L'archipel malais; presqu'île de Malacca; arc de Banda; île Christmas, p. 301. — 11. Prolongements probables de la Nouvelle-Guinée : Amboine, Céram et Boeroe, p. 317. — 12. Formose, p. 320. — 13. Bornéo, p. 322. — 14. Célèbes, p. 339. — 15. Halmahera, p. 344. — 16. Coup d'œil d'ensemble sur les Altaïdes orientales, p. 347.

CHAPITRE VII

L'arc de Yarkend, l'Iran et le Touran.

1. L'arc de Yarkend ou Kouen-lun occidental, p. 355. — 2. Himalaya, p. 362. — 3. Siah-Koh et Safed-Koh, p. 367. — 4. Sewestan, p. 374. — 5. Afghanistan et Iran, p. 376. — 6. Hindou-Kouch, p. 385. — 7. Touran, p. 392. — 8. Montagnes de l'Amou-Daria, p. 396. — 9. Montagnes du Syr-Daria, p. 403. — 10. Structure des chaînes intermédiaires, p. 406. — 11. L'Asie actuelle, p. 410.

CHAPITRE VIII

Les Taurides et les Dinarides.

1. L'Asie Mineure; arcs pontiques; environs d'Héraclée et d'Amasra, p. 416. — 2. Côte occidentale et îles de l'Archipel; rebroussement des plis, p. 424. — 3. Le golfe tertiaire de l'Albanie, p. 429. — 4. Traits principaux des Dinarides, p. 432. — 5. Traversée de la Mer Adriatique; environs d'Idria, p. 440. — 6. La zone tonalitique, p. 444. — 7. La Chaîne Carnique, p. 458. — 8. Transgression de la couverture dinarique, p. 461. — 9. Mouvements récents, p. 467.

CHAPITRE IX

Le Nord de l'Europe.

1. La ligne de partage des eaux entre l'Aral et l'Irghiz, p. 473. — 2. Rapports de l'Oural et du Caucase, p. 476. — 3. Oufa, p. 479. — 4. Faisceaux de plis entre Oufa et la Mer Glaciale, p. 484. — 5. La plate-forme précambrienne, p. 498. — 6. L'Est du bouclier baltique, p. 500. — 7. Le Centre et l'Ouest du bouclier baltique, p. 505. — 8. Russie méridionale, p. 508. — 9. Résumé, p. 511. — 10. Les lignes calédoniennes, p. 512. — 11. Le chevauchement scandinave, p. 514. — 12. Rapports entre la Scandinavie et l'Écosse, p. 523. — 13. Conséquences, p. 528.

TABLE DES PLANCHES ET FIGURES[1]

Pages.

Pl. I. Chaines intermédiaires de l'Amou-Daria et du Syr-Daria, d'après Mouchkétov; le Sud-Est d'après Ivanov et A. von Krafft. . . 410

Pl. II. Recouvrements de la Scandinavie Centrale, d'après A. E. Törnebohm. 522

Pl. III. Essai de représentation schématique des faites de l'Eurasie, dressé d'après le texte d'Ed. Suess, par Hans Fischer (à la fin du vol.).

Fig. 1. Goletz sur le Khon-Kholdoï-Daban, d'après une photographie communiquée par M. Iatchevsky. 12

— 2. *Terrasses dans le loess du Kan-sou, d'après Obroutchev . . 13

— 3. L'amphithéâtre d'Irkoutsk. 16

— 4. Extension des dépôts tertiaires dans la Sibérie Occidentale, d'après Vissotzky.. 21

— 5. *Carte géologique du Nord de la Sibérie Orientale, d'après E. de Toll. 29

— 6. *Géologie de la vallée de l'Angara entre l'Oka et le Iénisséi, d'après P. Iavorovsky. 35

— 7. *Itinéraires géologiques entre l'Angara, le lac Baïkal et la Léna, d'après N. Ijitzky. 38

— 8. *Carte géologique de la Transbaïkalie méridionale, d'après Obroutchev, Ghérassimov et Ghédroïtz. 61

— 9. *Profondeurs du Lac Baïkal, d'après Drijenko. 72

— 10. *Géologie des rives du Baïkal, d'après Tchersky 82, 83

— 11. L'île Olkhon, d'après Obroutchev 85

— 12. Goletz couronné de laves basiques, sur la rive droite du Tsagan-Khari, d'après une photographie communiquée par M. Iatchevsky 92

1. Les figures dont le titre est précédé d'un astérisque ont été exécutées spécialement pour l'édition française; les autres sont empruntées à l'édition originale allemande (F. Tempsky et G. Freytag, éditeurs, Vienne — Prague — Leipzig).

Pages.

Fig. 13. Nappes basaltiques surélevées, dans la région des sources de l'Ospa, d'après une photographie communiquée par M. Iatchevsky 93
— 14. *Carte géologique de la partie méridionale du Petit Khingan, d'après L. Batzévitch 163
— 15. *Coupe du Petit Khingan le long de l'Amour (défilé de Kamnifyn), d'après L. Batzévitch 164
— 16. *Carte schématique du Sikhota-Alin, d'après D. Ivanov 173
— 17. Hokkaido et Sakhalin 181
— 18. *Le bassin houiller de Kouznetsk, d'après Derjavin 197
— 19. Montagnes de la Steppe des Kirghiz entre Karkaralinsk et Baïan-Aoul, d'après Vissotzky 205
— 20. *Coupe de Viernyi à l'Issyk-Koul, d'après Mouchkétov 210
— 21. La dépression de Liouktchoun, d'après un croquis communiqué par M. Obroutchev 212
— 22. Environs d'An-si-fan, d'après Lóczy 221
— 23. *Coupe du Loun-Chan, près de Chan-dan-sian (Kan-sou), d'après Obroutchev 225
— 24. *Coupe du versant nord des Monts Richthofen par la vallée du Da-Khé, d'après Obroutchev 228
— 25. *Coupe des Monts Richthofen au Tsin-pin-daban, d'après Obroutchev 232
— 26. *Coupe du Tolaï-Chan suivant le méridien de Sou-tchéou, d'après Obroutchev 234
— 27. *Coupe du Tolaï-Chan, d'après Obroutchev 235
— 28. *Coupe de la Chaîne Alexandre III, d'après Obroutchev 236
— 29. *Coupe du Dakhyn-Daban (Monts Ritter), d'après Obroutchev. 240
— 30. La Vallée des Vents, d'après Bogdanovitch 244
— 31. Versant occidental du Si-tchéou-Chan, d'après F. von Richthofen. 253
— 32. *Coupe du Niou-chou-Chan au Yé-toou-Chan, d'après Obroutchev 260
— 33. Coupe du Koko-Chili à la plaine du Tchertchen-Daria, d'après Sven Hedin 267
— 34. *La Chaîne Russe ou Ak-kar-tchékil-Tagh, d'après Bogdanovitch. 268
— 35. *Coupe de Di-dao au Bassin Rouge du Sé-tchouen, d'après Obroutchev 271
— 36. *Coupe de Young-tchang-fou à la vallée de la Salouen (Yun-nan), d'après Lóczy 277
— 37. Montagnes comprises entre le Brahmapoutra et le Yang-tsé-kiang, d'après Medlicott, Mallet, R. D. Oldham, Noetling et Lóczy 279
— 38. *Extension des terrains tertiaires en Birmanie, d'après F. Noetling 285
— 39. *La vallée du Mékong aux environs de Luang-Prabang, d'après Counillon 289
— 40. *Les Montagnes du Sé-tchouen à l'Est de Batang, d'après Lóczy 292, 293
— 41. *Esquisse géologique de l'Indo-Chine, d'après Edm. Fuchs et E. Saladin 299

Pages.

Fig. 42. *Bangka et Billiton, d'après Verbeek. 304
— 43. Les Philippines et l'Archipel de la Sonde, d'après R. von Drasche, Molengraaff, Verbeek, A. Wichmann, K. Martin, Koto, etc.. 307
— 44. *Fractures de la Mer de Banda, d'après A. Wichmann. 309
— 45. *Profondeurs de la Mer de Banda, d'après les sondages du « Siboga ». 311
— 46. *L'île Christmas, d'après C. W. Andrews. 313
— 47. *Terrasses coralliennes d'Amboine, d'après Verbeek 316
— 48. *Formose, d'après N. Yamasaki. 321
— 49. *Carte géologique du bassin supérieur du Kapoewas, d'après Molengraaff. 327
— 50. *Coupe de la Chaîne du Kapoewas aux Monts Müller, d'après Molengraaff. 329
— 51. *Coupe de la plaine du Kapoewas aux Monts Schwaner, d'après Molengraaff. 331
— 52. *Détroits de Laut et de Djohor, d'après J. A. Hooze. 334
— 53. *Carte géologique d'une partie du district de Martapoera (Bornéo), d'après J. A. Hooze. 337
— 54. *Alignements volcaniques des Moluques, d'après Verbeek . . . 345
— 55. Coupe à travers le Tiz-Tagh et le Tékélik-Tagh, d'après Bogdanovitch 357
— 56. *Coupe de la chaîne du Moustagh-Ata au Sud-Ouest de Yanghi-Hissar, d'après Bogdanovitch 359
— 57. Les lambeaux de recouvrement (Klippen) de Chitichun et de Balchdura (Hundes méridional), d'après Diener. 364
— 58. *Lambeau nummulitique du Singhe-La (Zanskar), d'après La Touche. 366
— 59. *Ellipse cristalline du Kalogarhi (Garhwal), d'après C. S. Middlemiss. 367
— 60. Fragments de lignes directrices entre la rivière de Kaboul et le Jheham, d'après Griesbach, Middlemiss, H. H. Hayden, Wynne, etc.. 369
— 61. *Écailles du Hazara, d'après C. S. Middlemiss. 371
— 62. *Coupe à travers les prolongements du Safed-Koh au Sud de Kaboul (Kharwar), d'après Griesbach 373
— 63. *L'arc du Sewestan, d'après la feuille 44 de l'*Atlas Universel de Géographie* de Vivien de Saint-Martin et Schrader 375
— 64. *Environs de Thal-Chotiali (Baloutchistan britannique), d'après R. D. Oldham. 377
— 65. *Coupe de la chaine de l'Elbourz passant par le Demavend, d'après A. F. Stahl. 382
— 66. *L'arc de l'Elbourz, d'après A. F. Stahl. 383
— 67. *Coupe de l'Atrek au Kopet-Dagh, d'après Bogdanovitch. . . . 391
— 68. *Directrices tectoniques de l'Asie Mineure, d'après Edm. Naumann. 417
— 69. *Carte géologique de l'île de Rhodes, d'après G. von Bukowski. 425
— 70. *Allure des chaînes de la Grèce continentale, d'après A. Philippson. 437

Pages.

Fig. 71. *Coupe des chaînes du Pinde, d'après A. Philippson. 440
— 72. *Chevauchements des mines d'Idria, d'après F. Kossmat. . . . 444
— 73. *Versant gauche du Val Camonica en amont du lac d'Iseo, d'après A. Baltzer.. 447
— 74. *Carte géologique des Karawanken, d'après F. Teller. . . 454, 455
— 75. La vallée du Miss vue du col d'Ouschowa (Carinthie), d'après un dessin de l'auteur. 457
— 76. Contact de la ligne tonalitique avec le Bacher-Gebirge, d'après F. von Hauer et F. Teller. 468
— 77. *Carte schématique de la partie moyenne de l'Oural, d'après A. Karpinsky 481
— 78. *Coupe du Kara-Taou (Oural), d'après Th. Tschernyschew. . . 482
— 79. *L'accident des Gégouli, d'après la *Carte géologique de la Russie*. 483
— 80. Basségi, Kvarkouch et chaîne Polioudov, d'après Krotov et Krasnopolsky 485
— 81. *Les Monts Timan, d'après la *Carte géologique de la Russie* . . . 489
— 82. Schéma de l'Oural septentrional.. 496
— 83. Schéma des guirlandes insulaires de l'Asie Orientale 497
— 84. *Principales lignes de dislocation de la Russie d'Europe, d'après A. Karpinsky 499
— 85. *Accident méridien du Sud de la Suède, d'après Nathorst.. . 506
— 86. *Plissements des terrains métamorphiques du Perthshire (Grampians), d'après A. Geikie. 514
— 87. *Coupe de l'Åreskutan, d'après Törnebohm 518
— 88. *Coupe du lambeau de recouvrement d'Ansätten (Jemtland), d'après Högbom. 518
— 89. *Côte occidentale de Norvège entre Bergen et Stavanger, d'après H. Reusch. 520
— 90 et 91. Explication hypothétique du chevauchement scandinave, d'après Holmquist (poussées symétriques). 524
— 92 et 93. Explication hypothétique du chevauchement scandinave, d'après Holmquist (poussées dissymétriques). 525
— 94. *Coupe à travers les Southern Uplands au Sud d'Edimbourg, d'après Peach et Horne. 527

Toutes les indications ajoutées par le traducteur, dans le texte ou en notes infrapaginales, ont été mises entre crochets [....].

Les renvois aux pages des tomes I et II s'appliquent à l'édition française.

Sauf indication contraire, les longitudes, dans le texte et sur les cartes, sont rapportées au méridien de Greenwich. Les altitudes, souvent évaluées dans l'édition originale en pieds anglais (de 0,3047 m.), ont été converties en mètres; il en est de même des verstes pour les distances (1 verste = 1066,78 m.), et des sagènes (de 1,823 m.) pour les profondeurs.

Nous donnons en français les titres des documents publiés en langue russe, en les faisant suivre de la lettre *r*. Les abréviations *a.*, *f.*, placées à la suite d'un titre, indiquent que l'ouvrage ou mémoire auquel il se rapporte est accompagné d'une traduction ou d'un résumé, soit en allemand, soit en français.

Avis au relieur. — La feuille de titre et les tables provisoires qui précèdent seront remplacées, lors de l'achèvement de la publication, par un tirage définitif.

QUATRIÈME PARTIE

LA FACE DE LA TERRE

QUATRIÈME PARTIE

LA FACE DE LA TERRE

CHAPITRE PREMIER

INTRODUCTION

Division du sujet. — Recherche du plan des lignes directrices. — Plissement général des terrains les plus anciens.

Pour décrire la face de la Terre, nous avons commencé en imaginant un observateur placé dans l'espace céleste, au voisinage de notre planète, et parvenant à écarter les nuages de l'atmosphère afin de contempler le globe tournant sous ses yeux. Nous avons supposé ensuite que, comme précédemment les nuages, cet observateur pouvait supprimer les mers, de façon à embrasser du regard la charpente rocheuse ainsi mise à nu et les grandes profondeurs des cuvettes océaniques.

Si notre observateur vient à détourner la vue, il apercevra, brillant auprès de lui, un autre corps céleste, la Lune, dont une moitié est seule éclairée. Cette fois, il n'a plus besoin d'écarter des nuages ou de déplacer des océans; et quoiqu'une moitié de l'astre lui tourne le dos et demeure invisible, aucun mouvement de rotation ne trouble la tranquillité du spectacle. La netteté des ombres portées lui révèle la présence de gigantesques parois de scories sur les bords des prétendues « Mers » : il reconnaît d'immenses formations circulaires, telles que la « Mer des Crises » et d'autres reliefs en ovale, comparables dans une certaine mesure aux volcans des îles Hawaii, comme les cirques d'Aristote et de

Copernic et tant d'autres cavités du même genre; et sur les grands cercles se greffent comme autant de parasites des cercles plus petits, et manifestement plus récents. Enfin, notre observateur parvient à découvrir les traces de la solidification des scories de l'enveloppe lunaire, les fentes de contraction, les stries des cratères et tous les accidents dont l'analogie avec les volcans terrestres résultant d'explosions est croissante.

C'est alors que se fait sentir la différence profonde qui existe entre la face de la Lune et celle de la Terre.

Non seulement il n'y a pas de nuages et de mers sur la Lune, mais on n'observe à sa surface, couverte de débris vitreux, aucune modification attribuable à l'influence de l'atmosphère et de l'eau. On n'y voit pas de dépôts stratifiés.

En même temps, la Lune est privée des longs faisceaux de plis qui forment les chaînes de montagnes de la Terre. Il n'y existe rien, par exemple, qu'on puisse comparer aux arcs marginaux de l'Eurasie, et les reliefs lunaires auxquels on a transporté les noms d'Alpes, d'Apennins, de Caucase sont de simples murs de scories, qui n'ont absolument de commun avec les rangées de plis terrestres dont ils sont les homonymes que leur dénomination.

Le rôle des terrains stratifiés dans la constitution de la surface terrestre est si grand qu'on pourrait être tenté de parler ici de la *stratosphère* de notre globe, par opposition à la *scoriosphère* de la Lune. Toutefois, non seulement on voit aussi sur la Terre des surfaces considérables recouvertes par des roches récentes, résultant du refroidissement direct de matières en fusion, non seulement des roches antérieures analogues, comme le granite, ont été mises à nu sur de larges espaces par la dégradation de la stratosphère, mais les rapports mutuels entre les roches fondues et la stratosphère fournissent la matière d'un des problèmes les plus importants à élucider pour l'intelligence de la structure de nos montagnes.

C'est ce que montre déjà la distribution des volcans actuels. On peut constater sans peine que les volcans des îles Aléoutiennes, des Kouriles, de Java et de Sumatra, ceux des Petites Antilles et d'autres encore jalonnent des lignes courbes, indiquées d'avance, en quelque sorte, par l'allure des chaînes de montagnes plissées. On sait de même que l'axe volcanique du Mexique, ceux de l'Amérique Centrale et des fosses éthiopiennes coupent sous un angle quelconque les plis des chaînes adjacentes, dont ils sont absolument indépendants.

Nous arrivons ainsi à distinguer les *lignes volcaniques longitudinales* et les *lignes volcaniques indépendantes*, et déjà ces premiers pas nous montrent qu'une séparation absolue, en considérant les plis et les volcans, est impraticable.

Cependant, l'infinie variété des aspects sous lesquels se présente la face de la Terre est telle que, si l'on veut les passer en revue, une division s'impose. Dans un précédent chapitre, toutes les dislocations terrestres ont été partagées en deux groupes, celles qui résultent d'un plissement, d'une part, et celles qui résultent d'un affaissement, de l'autre. Conformément à cette distinction, nous parlerons d'abord, dans les pages qui vont suivre, des phénomènes de plissement, — ce sera là du moins l'objet principal, sinon exclusif, des prochains chapitres; l'examen détaillé des phénomènes de fracture, de déchirement et d'affaissement sera réservé à la suite de l'ouvrage, de même que l'analyse des rapports entre les roches fondues et la stratosphère.

En ces derniers temps, l'étude de la coupe transversale des diverses chaînes de plissement a fait de grands progrès, et l'on a même essayé, avec plus ou moins de succès, de reproduire par l'expérience les conditions réalisées dans la nature. Ces expériences ont toujours eu pour but d'imiter les coupes qu'on peut observer sur le terrain. En outre, l'examen de la nature a montré que les hypothèses les plus hardies qu'on pouvait avancer, il y a seulement quelques années, sur l'importance des mouvements horizontaux demeuraient bien au-dessous de la réalité. Reyer a considéré le plissement comme un écoulement des roches. Après que les géologues français et suisses, avec Marcel Bertrand à leur tête, eurent montré la fréquence des « lambeaux de recouvrement », ce mot d'*écoulement* fut proposé pour désigner le mode de plissement qui a permis à ces accidents d'apparaître. Enfin, on s'est trouvé en présence de cas où le plissement passe au rang de phénomène secondaire, et où le mouvement tangentiel détermine une ou plusieurs surfaces de discontinuité d'une très grande amplitude.

Mais la connaissance de la coupe transversale ne répond qu'à une partie de la tâche; il y a lieu d'examiner encore la projection horizontale, c'est-à-dire le plan. A une certaine époque, chacun des anticlinaux du Jura passait pour un axe de soulèvement autonome; puis, on eut l'idée qu'un aussi grand nombre de voûtes parallèles doivent avoir une commune origine; l'on vit ensuite qu'il existe une certaine dépendance entre le Jura et les Alpes;

enfin, l'on reconnut le refoulement qui se produit contre la Forêt-Noire, et il devint manifeste que les Alpes et le Jura ne sont que des parties d'un même arc plissé, — la plus méridionale, la plus intérieure et la plus récente des trois chaînes sinueuses qui ont surgi l'une après l'autre, depuis la fin de la période silurienne, sur l'emplacement de l'Europe Centrale. C'est ainsi que le progrès de nos connaissances nous amène à concevoir des unités d'un ordre de plus en plus élevé, et les multiples voûtes du Jura ne nous apparaissent plus que comme des parties d'un vaste édifice.

Avancer dans cette voie synthétique, grouper les faisceaux de plis en unités naturelles de plus en plus compréhensives, et expliquer une partie aussi grande que possible du plissement terrestre au moyen d'une formule simple, unique, — telle est la tâche qui s'offre aujourd'hui au géologue. Il s'agit de déterminer le *plan des lignes directrices*, écrit par la Nature sur la face de la Terre.

Dans l'hémisphère austral, l'espace occupé par les mers est si vaste, et d'ailleurs nos connaissances présentent encore tant de lacunes, qu'on ne peut guère s'attendre à un succès réel. Aussi la tentative qui suit sera-t-elle presque exclusivement limitée à l'hémisphère boréal, en particulier aux régions qui s'étendent au Nord de la limite méridionale de l'Eurasie et au Nord de la Mer des Antilles.

Même là, les difficultés sont bien assez grandes.

Des notions aussi simples que celles de *chaîne* et de *plateau*, mots dont le contraste sert de point de départ à mainte excellente description de l'aspect extérieur d'un pays, n'ont souvent qu'une valeur morphologique : ce contraste s'atténue beaucoup quand on cherche à en préciser les conditions tectoniques. En effet, il existe sans doute de vastes plateaux, les tables de calcaire crétacé ou de grès du Karoo, par exemple ; mais sous ces plateaux se montrent, toujours et partout, des terrains plissés. Le plissement peut ne se retrouver qu'à une grande profondeur, mais ce qui prouve qu'il ne manque nulle part, c'est cette circonstance que *tous les terrains archéens du globe ont subi un plissement ou une compression équivalente*. On peut citer ici comme exemples, à l'appui de ce résultat bien connu et fondamental, le bouclier baltique et le bouclier canadien, la discordance, constatée en tant d'endroits, des sédiments cambriens horizontaux sur les terrains antérieurs plissés, de même que les discordances visibles dans l'épaisseur même des formations précambriennes.

Or, si le plissement équivaut à une réduction d'espace, ce premier fait suffit déjà pour nous permettre de conclure à une diminution d'étendue de la surface planétaire. Mais cette circonstance doit bien moins retenir notre attention, pour le moment, que l'autre résultat, à savoir que des chaînes de plissement étaient déjà rasées à l'époque précambrienne. Quand des dépôts cambriens non dérangés les recouvrent, comme aux environs de Saint-Pétersbourg, on est forcé d'admettre que depuis une époque excessivement reculée, l'ancien plissement n'a pas continué et ne s'est pas renouvelé. C'est comme si, dans ces régions, la Terre était assoupie, ou comme si la force plissante s'était éteinte, par opposition aux domaines où des sédiments récents prennent part au plissement.

On peut conclure de là, en outre, que *la force plissante a jadis agi sur toute l'étendue du globe, tandis qu'elle est localisée aujourd'hui dans des régions spéciales.* Le plan cherché comprendra par conséquent des fragments d'âge différent, et il est possible même que nous rencontrions des fragments de plans différents et disparates.

Dans les chapitres précédents, nous n'avons examiné que des portions éparses d'un tel plan des lignes directrices, sans les rattacher les unes aux autres; et c'est leur isolement qui rend énigmatiques ces résultats fragmentaires.

Parmi ces résultats acquis, je rappellerai d'abord, à cause de sa grande importance géographique, l'opposition entre les côtes de type pacifique et les côtes de type atlantique (II, p. 329). On se demande en vertu de quelle particularité de structure propre à la surface terrestre il peut se faire que, du Cap Horn et de l'île des États jusqu'au Groenland, puis jusqu'au Cap de Bonne-Espérance, au cap Comorin et jusqu'aux bouches du Gange, aucune côte continentale ne soit jalonnée par des lignes directrices du plissement, tandis qu'à l'Est des bouches du Gange, jusqu'au cap Horn, de telles lignes directrices suivent les rivages ou en amorcent le tracé. On voit nettement la côte orientale d'Australie présenter le type pacifique, et la côte occidentale présenter le type atlantique; de même, on constate que l'Amérique du Sud appartient au type atlantique par sa côte orientale et au type pacifique par sa côte occidentale. Il y a plus encore : l'arc des Petites Antilles et l'arc de Gibraltar, disposés d'une manière presque symétrique, se retournent complètement à l'approche du domaine atlantique, comme si une force inconnue et mystérieuse les empêchait de pénétrer dans ce domaine.

Le bassin des Asturies nous apprend même qu'avant la formation de l'arc de Gibraltar, il existait déjà un retournement analogue à environ huit degrés de latitude plus au Nord (II, p. 207) : l'allure actuelle de l'arc de Gibraltar est une répétition de celle de l'arc antérieur des Asturies. Or il est difficile de comprendre comment une pareille courbe nouvelle peut se former, à moins d'admettre qu'il y ait comme des vagues se propageant librement à travers l'écorce terrestre.

Plus au Nord, les conditions sont toutes différentes. Des chaînes s'avancent vers les côtes de l'Atlantique, mais elles disparaissent en s'affaissant. Il en est ainsi en Bretagne et dans le Sud-Ouest de l'Irlande, de même qu'à Terre-Neuve et dans le Nouveau-Brunswick, sur l'autre rive de l'océan. Les *rias* de ces parties du littoral contrastent avec les arcs retournés du Sud.

Ces conditions déterminent d'ailleurs une certaine symétrie entre l'Est et l'Ouest de l'Océan Atlantique; mais il est curieux de remarquer que cette symétrie comporte, sur le sol de l'Europe, la répétition de deux des éléments, représentés en Amérique par un seul terme : la côte à *rias* de la Bretagne et celle des Pyrénées, puis l'arc des Asturies et l'arc de Gibraltar (II, p. 229).

En pénétrant sur le continent européen, on est frappé d'abord par la complexité de structure de cette partie du globe, dont la configuration apparaît si variée. Les gneiss des Hébrides étaient déjà plissés et rasés avant le dépôt sur leurs tranches du grès précambrien de Torridon. Sur ce grès furent poussées du Sud-Est, avant les âges dévoniens, les écailles calédoniennes. Vers la fin de la période carbonifère eut lieu le plissement de l'arc armoricain et de l'arc varisque; après le morcellement de cette double chaîne en horsts se produisit, plus au Sud, la formation des Alpes, resserrées par ces môles. C'est ainsi que la construction de l'Europe a été recommencée à plusieurs reprises, en même temps que ses montagnes reculaient constamment vers le Sud (II, p. 210).

Mais tandis que cet édifice, reconstruit sans cesse, a toujours eu pour trait distinctif, depuis l'époque calédonienne jusqu'à l'époque des plis les plus récents, d'être déjeté vers le Nord, et que le plan primitif, en quelque sorte, n'a jamais été abandonné, on observe le contraire dans le Caucase. La direction de cette chaîne est à peu près perpendiculaire à celle des plis de l'Oural et, au Sud, elle diffère non moins nettement de celles de l'arc iranien et de l'arc taurique. Le Caucase court en biais, sans changer de direction, en face du rebroussement qui raccorde ces deux grands arcs

l'un avec l'autre (I, p. 656). Dans cet exemple, il n'est guère possible de parler d'unité de plan, et pourtant c'est justement le Caucase qui relie les branches du Tien-Chan aux lignes directrices plus récentes de l'Europe Centrale.

Tout autre est le tableau quand on considère la limite tranchée qui, depuis l'Oued Draa, sur la côte de l'Atlantique, sépare jusqu'au delà de Java l'Eurasie des régions plus méridionales. Les arcs qui forment cette limite, tous recourbés vers le Sud, indiquent encore une fois, cependant, la liaison des diverses parties de ce vaste domaine; et si l'on jette les yeux sur la côte orientale de l'Asie, sur les guirlandes insulaires qui s'y succèdent et les archipels qui lui servent de cortège, plus nombreux qu'en aucune autre région du monde, la pensée naît, irrésistible, que cet enveloppement de l'Asie doit avoir une cause commune.

Ces exemples et ces questions peuvent suffire. Ils montrent que les faits les plus nombreux et les plus importants qui ont pu être recueillis jusqu'à présent, au sujet de l'allure des lignes directrices, se rapportent à l'Europe et à la périphérie de l'Eurasie. Le rattachement de ces fragments était encore impraticable quand parut le second volume de cet ouvrage, parce que les parties centrales de l'Asie, où devait être cherchée la jonction des arcs, la Sibérie et la Mongolie, demeuraient presque absolument inconnues. Seuls les derniers travaux des savants russes ont rendu possible une pareille tentative. Même aujourd'hui, et malgré le bienveillant appui de confrères éminents, cet essai de synthèse n'est entrepris que sous l'expresse réserve des nombreuses rectifications qu'y apportera l'avenir.

Mais la tâche exigera, dans l'exposé qui va suivre, des développements très inégaux. Il sera nécessaire de traiter avec plus de détails certaines régions peu connues, en particulier celles qui n'ont pas encore été l'objet de descriptions d'ensemble, tandis que dans d'autres cas il suffira de renvoyer le lecteur aux documents déjà publiés.

CHAPITRE II

LE NORD DE LA SIBÉRIE

1. L'Asie. — 2. L'amphithéâtre d'Irkoutsk. — 3. Plaine de la Sibérie Occidentale; transgressions du détroit de Tourgaï. — 4. Succession des terrains dans le plateau de la Sibérie Orientale; Continent de Gondwana, Téthys et Continent de l'Angara. — 5. Vallée de l'Angara; plis marginaux; granite de Nijné-Oudinsk. — 6. Podkamennaïa Toungouska. — 7. Nijniaïa Toungouska; bas Iénisséi. — 8. Ligne de partage entre le Iénisséi et la Léna. — 9. Léna et Vilioui. — 10. Résumé.

1. L'Asie. — L'unité de structure des montagnes de l'Asie a été reconnue par les savants qui connaissent le mieux cette partie du monde, et chaque observateur, suivant son point de vue, en a donné une expression différente. En Sibérie, Sémenov parle d'un pays à terrasses étagées : le Gobi représenterait, avec le Khingan, le gradin le plus élevé, le Pays de l'Amour et le Sikhota-Alin correspondraient à un second gradin, la mer, avec ses courbes insulaires, à un troisième. En Chine, Richthofen acquiert l'impression que tout le pays s'affaisse, par de grandes flexures, vers l'Océan Pacifique. Au Japon, Naumann compare l'Asie à une calotte surélevée du globe terrestre, circonscrite à la périphérie par des cassures. Lorsqu'on est au pied des chaînes renversées de l'Himalaya, dit Griesbach, il semble qu'on voie la masse entière de l'Asie se mouvoir vers le Sud.

Jetons les yeux sur une carte d'Asie.

Des arcs y sont visibles à l'Est, sur le rivage comme dans les guirlandes d'îles; d'autres segments se montrent au Sud, puis sur le Gange, sur l'Indus, et aussi, plus à l'intérieur, dans l'Iran, dans le Kouen-lun occidental; ensuite viennent les branches divergentes du Tien-Chan. Ces arcs sont plus ou moins incurvés, tantôt ils se

gènent mutuellement et tantôt des massifs intermédiaires les font dévier ; mais ils n'en sont pas moins manifestement harmoniques, c'est-à-dire disposés suivant un plan d'ensemble, dont l'unité conduit à supposer qu'il existe un sommet commun dans l'intérieur de l'édifice tout entier.

Ce sommet commun est situé au voisinage d'une cassure en arc de cercle, entourant comme un amphithéâtre la région d'Irkoutsk. Près du bord oriental de cet amphithéâtre se trouve le lac Baïkal.

Essayons encore une fois de jeter un coup d'œil général sur la carte.

En nous avançant encore une fois des arcs plissés de la périphérie vers l'amphithéâtre d'Irkoutsk, nous constatons que les formes typiques des montagnes se modifient de même dans l'intérieur. Sans doute, la nature a distribué ces sommets et ces chaînes en variant à l'infini ses combinaisons merveilleuses : aucun œil humain ne peut en contempler l'ensemble, et aucune plume ne parviendrait à les décrire dans leur totalité. Néanmoins, nous distinguons sur le bord externe du grand édifice, au voisinage de la mer, de nombreux volcans, le majestueux Klioutchev, la cime effilée du Fouji-Yama, le gouffre du Krakatau, le double cône de Barren Island, plus loin le Koh-i-Taftan et les autres cônes puissants du Baloutchistan méridional. Ensuite, plus près du centre, viennent les pics géants des hautes chaînes, étincelants de glaciers, le Gaurisankar, le Moustagh-Ata, les montagnes du Tibet. Puis les longues murailles rocheuses du Gobi, dressant leur silhouette dénudée au-dessus des *Biel*, socles de couches horizontales qui leur servent de ceinture. Arrivés au Nord de la Mongolie, nous trouvons des régions que l'âge a privées de leurs charmes. Des crêtes suprêmes de l'Altaï jusqu'au Sud du Baïkal, jusque vers le cours supérieur de l'Amour et aux rives de la Mer d'Okhotsk, on n'aperçoit que des montagnes soit rasées ou morcelées en horsts d'un faible relief, ou enfin présentant l'aspect caractéristique de hauteurs « monomorphes », comme les appelle Radde. Ce sont des cônes arrondis, plus ou moins isolés ou disposés en groupes, s'élevant sur une large base fort au-dessus de la limite des forêts. Des traînées de blocs et de débris, parmi lesquels apparaissent quelques stries ou quelques taches de neige, recouvrent leurs versants. En Sibérie, on donne aux monts de ce genre le nom de *Goletz* ou « tête chauve » (fig. 1). Les sommets de la Biéloukha dans l'Altaï, le Mounkou-Sardyk près du lac Kossogol, le Sokhondo et

beaucoup d'autres cimes élevées de ces antiques montagnes présentent plus ou moins cet aspect. Puis, au delà des sources du Vilioui, dans les lointaines solitudes du Nord, nous rencontrerons des montagnes tabulaires étendues, dont le pied et les versants sont faits de terrains paléozoïques anciens restés horizontaux, tandis que le toit est formé par une couverture de roches effusives basiques. Ce toit est souvent uni comme une planche, mais souvent

Fig. 1. — Goletz sur le Khon-Kholdoï-Daban (Alpes de Tounkinsk), d'après une photographie communiquée par M. Iatchevsky.

aussi les fentes et le ruissellement l'ont morcelé en créneaux d'aspect fantastique, dans lesquels les superstitieux Toungouses croient voir des revenants. Enfin, nous atteignons la *Toundra* et les transgressions mésozoïques à l'allure tranquille des rives de la Mer Glaciale.

Ainsi varient les formes; mais c'est seulement s'il était possible d'appliquer des couleurs sur ces contours, et de comparer les jardins ensoleillés de Buitenzorg avec le paysage jaune des terrasses de loess de la Chine (fig. 2) ou avec les nuages de brouil-

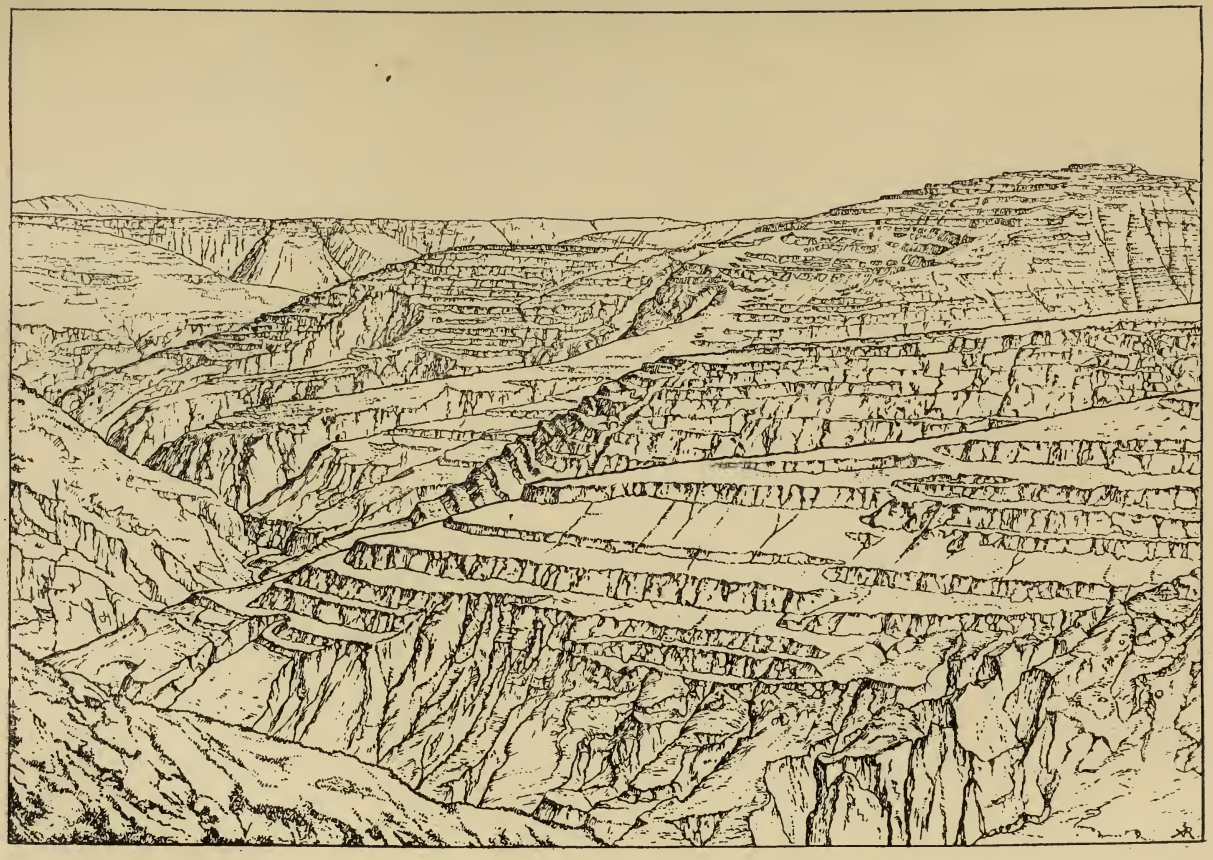


Fig. 2. — Terrasses dans le loess du Kan-sou, d'après une photographie de V. Obroutchev (*L'Asie Centrale, le Nord de la Chine et le Nan-Chan* (r.), in-4°, St.-Pétersbourg, I, 1900, p. 287, pl. XXVIII).

lard qui, aux bouches de la Léna, recouvrent les tombes glacées de tant d'explorateurs morts au service de la science, — c'est seulement alors que l'on pourrait se faire une idée plus nette de la grandeur, de la complexité et de la beauté du sujet dont il va être question dans ce chapitre et dans les suivants.

Les contrastes dans la structure du sol et des montagnes ne sont pas moindres que ceux de leur forme extérieure. Au pied sud de l'Himalaya s'étendent des couches tertiaires récentes renversées; au Nord du Baïkal, on rencontre jusqu'à la Mer Polaire des sédiments cambriens ayant conservé leur horizontalité primitive. De fait, le lac Baïkal est situé au voisinage d'une limite importante. Au Sud de ce lac se trouvent des chaînes courbes, dont l'allure en arc de cercle semblerait beaucoup plus frappante encore, la plupart du temps, si nous n'étions pas habitués à réunir sous certains noms traditionnels, comme Stanovoï, Saïan et Kouen-lun, des tronçons montagneux d'origine différente. Au Nord et à l'Ouest du Baïkal vient la région des couches peu dérangées et des tables solitaires. Mais, plus au Nord, les arcs recommencent; il n'en existe que deux, l'arc de Verkhoïansk et l'arc de Taïmyr, ce dernier étant très mal connu et même douteux.

Nous obtenons ainsi une première division de l'Eurasie orientale, où l'on peut distinguer les domaines suivants : 1° les deux arcs arctiques ; 2° la plaine de Sibérie ; 3° la grande région externe, plissée en arc de cercle.

Les arcs du Nord sont nettement limités du côté de la plaine ; le cours inférieur de la Léna jalonne dans des circonstances spéciales une partie de la limite de l'arc de Verkhoïansk. Comme on le verra bientôt, la plaine de Sibérie se divise en deux parties distinctes ; la moitié occidentale, le bassin déprimé de l'Ob, est recouverte de sédiments récents. Il est beaucoup plus difficile de définir la limite méridionale de la plaine : la difficulté réside dans la diversité.

Pour faciliter l'intelligence des faits qui seront exposés dans la suite, nous commencerons par esquisser rapidement la limite méridionale de la plaine de l'Est, dans la partie comprise entre le lénisséi et le Baïkal. Mais, auparavant, je ne puis m'empêcher d'exprimer ma sincère admiration pour les travaux accomplis par nos confrères russes en Sibérie; j'aurai d'ailleurs plus d'une fois l'occasion de les remercier des avis et des conseils qu'ils ont bien voulu me donner.

2. L'amphithéâtre d'Irkoutsk. — A l'Ouest du Baïkal, la bordure méridionale de la plaine recule vers le Sud et forme un vaste amphithéâtre, à l'intérieur duquel est située la ville d'Irkoutsk. Mais l'on voit aussi, sur la fig. 3, se développer dans cet amphithéâtre le cours de l'Angara et de la Podkamennaïa Toungouska,

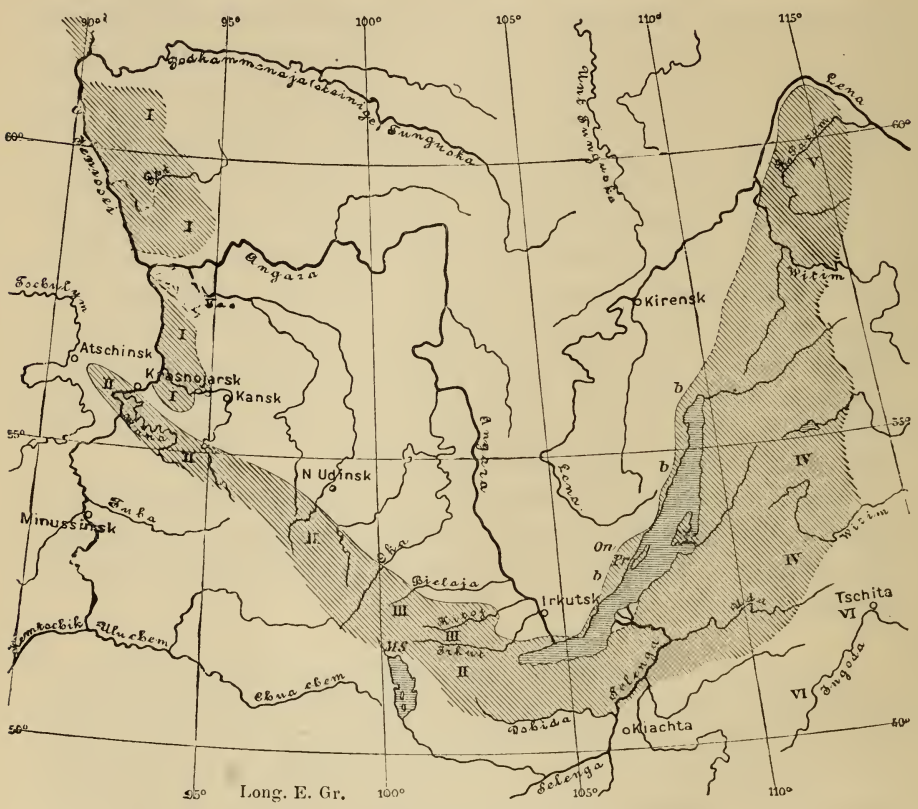


Fig. 3. — L'amphithéâtre d'Irkoutsk.

Pr, Primorskii Khrébet; *On*, Onotskii Khrébet; *MS*, Mounkou-Sardyk. — *a*, Faille du Iénisséi; *b*, *b*, Faille du Primorskii Khrébet. — I, I, Massif archéen du Iénisséi; II, II, Saïan Oriental (Ergik-Targak); III, Alpes du Kitoï et de Tounkinsk; IV, Plateau du Vitim; V, Massif du Patom; VI, Iablonovii Khrébet. — Échelle de 1 : 15 000 000.

le cours supérieur de la Nijniaïa Toungouska et celui de la Léna. Déjà, la juxtaposition du cours supérieur de tant de rivières montre combien est grande la différence avec le système hydrographique de l'Ob, dont les branches se réunissent en une seule artère principale.

La bordure comprend plusieurs tronçons, qui sont : le massif archéen du Iénisséi moyen (I, I), coupé par une faille le long de ce fleuve (*a*), entre les confluents de la Podkamennaïa Toun-

gouska et de l'Angara, et que l'on peut suivre au delà de l'Angara, vers le Sud, à l'état de lambeaux isolés ; puis une longue chaîne plissée (II, II), désignée sur les cartes, dans sa plus grande étendue, sous le nom de Saïan Oriental ou Ergik-Targak, et se prolongeant jusqu'à une certaine distance au delà du lénisséi, près de Krasnoïarsk. Le Mounkou-Sardyk (*M S*), sur les bords du lac Kossogol, les Alpes du Kitoï et de Tounkinsk (III, III) en font partie. Tout l'Est de la bordure est formé par les monts de la Transbaïkalie, s'étendant des hautes terres du Patom, au Nord (V), jusqu'au delà du haut Plateau du Vitim et de ses prolongements vers le midi (IV, IV), et s'avançant très loin dans l'Est, par delà le versant si souvent nommé du Iablonovii, sur l'Ingoda et la Tchita (VI, VI).

A l'Ouest du lac Baïkal se trouve encore un étroit liséré montagneux (*Pr*), qui se rattache intimement par sa structure aux monts de la Transbaïkalie. Il se termine près du bord ouest du lac par une faille (*b*, *b*). C'est le Primorskii Khrébet ou « Chaîne du Lac ».

Tous les terrains de l'encadrement de l'amphithéâtre d'Irkoutsk sont d'âge précambrien. Tous sont plissés. Ce sont ces parties montagneuses qui forment le bord sud de la plaine de la Sibérie Orientale. Bien différent d'aspect est l'encadrement de la plaine occidentale : là s'avancent les longues branches de la virgation du Tien-Chan ; les ramifications de la plaine s'étalent dans leurs intervalles, sur l'Ili, sur le Tchou, sur le Syr-Daria. On peut les regarder comme une ceinture méridionale privée d'écoulement, et entourant le grand bassin fluvial de l'Ob.

En avant de cette virgation du Tien-Chan se présente, notamment à l'Ouest de l'Irtych, une chaîne plissée singulière, indépendante, dont l'importance orographique augmente dans la Steppe des Kirghiz.

Après ces remarques préliminaires, je vais essayer de décrire d'abord la plaine, et en premier lieu la plaine occidentale, en m'appuyant sur les documents qui sont à ma disposition. La plaine orientale, ou plutôt le plateau oriental, ne viendra qu'en seconde ligne, comme se rattachant plus étroitement par sa constitution aux régions montagneuses dont il sera question dans le chapitre suivant.

Quant aux arcs du Nord, nous ne nous en occuperons que bien plus tard, parce qu'il sera nécessaire de discuter, au préalable, les rapports de l'Alaska avec la chaîne de Verkhoïansk.

3. Plaine de la Sibérie Occidentale. — Cette plaine s'ouvre vers la Mer Polaire, et elle possède au Sud-Ouest une porte qui a permis aux eaux de communiquer, au moins d'une manière temporaire, avec la Mer d'Aral et avec la région méditerranéenne de l'Europe. Cette circonstance rend l'étude de ce vaste domaine particulièrement instructive au point de vue de la nature des grandes transgressions.

A l'Ouest de Sémipalatinsk sur l'Irtych, et jusque bien au delà d'Akmolinsk, nos cartes indiquent une « Steppe orientale des Kirghiz ». Mais on oublie trop souvent qu'en Sibérie on désigne sous le nom de *Steppe* toute région pauvre en pluies et en végétation, et surtout en arbres, quelle que soit la forme du sol, et par opposition à la *Taïga*, c'est-à-dire à la forêt vierge.

La Steppe orientale des Kirghiz est une vaste contrée montagneuse, où le sol s'élève dans certaines croupes jusqu'à plus de 4 000 pieds [1 200 m.]. La partie occidentale de ces reliefs ferme vers le Sud-Ouest la plaine de Sibérie, de telle sorte que, du côté de l'Oural méridional, sur la ligne de partage entre le Tobol et l'Irghiz, il ne reste qu'un passage relativement étroit : c'est le *détroit de Tourgaï*.

Ce détroit a rendu possibles les communications temporaires avec les eaux du Touran et de la Méditerranée.

La limite occidentale de la plaine est formée par l'Oural ; quant à la limite orientale, il faut la chercher au voisinage du lénisséi. Iatchevsky a montré que, de l'Est, des roches archéennes s'avancent jusqu'au lénisséi et disparaissent sur les bords mêmes du fleuve, entre le confluent de l'Angara et un point situé tout près du confluent de la Podkamennaïa Toungouska (Toungouska « Pierreuse » ou Toungouska « des Montagnes »), le long d'une cassure très continue dont la lèvre occidentale est affaissée (*a*, fig. 3)[1].

La rive droite du fleuve est escarpée et rocheuse ; elle coupe à angle aigu les terrains anciens, dont la direction est N.W.-S.E. La rive gauche est plate, les terrains anciens ont disparu, et sur tout le vaste espace qui s'étend jusqu'à l'Ob, on ne voit s'élever, au milieu des alluvions récentes, que des restes isolés d'une couverture de grès tertiaire friable, aujourd'hui presque complètement détruite.

Un peu en amont du confluent de la Podkamennaïa Toungouska, le lénisséi s'élargit. Des écueils rocheux, connus sous le nom de

1. L. Iatchevsky, *Rapport sommaire sur l'Arrondissement minier du Nord de l'Iénisséi*, r. (Gornyi Journal [Journal des mines Russes], 1894, n° 1, p. 127 et suiv.).

« Soixante-dix Iles », s'élèvent dans son lit. Près du village d'Ossinovoï, les terrains anciens passent sur la rive gauche, et de là ils se poursuivent vers la région des sources du Tass. L'affaissement a donc cessé en ce point.

Occupons-nous maintenant des sédiments qui remplissent la dépression de l'Ob.

En dehors des importants travaux de Karpinsky sur les rapports de l'Oural et du Caucase, dont nous aurons à parler plus tard, il convient de signaler dès à présent quelques résultats relatifs à la provenance des transgressions, dont la science est redevable aux études des géologues russes.

La transgression du Jurassique moyen, partant des régions arctiques, atteint la Russie Centrale en passant par le bassin de la Petchora ; on l'a signalée près de Cracovie et jusqu'à l'extrémité orientale de la Bavière ; au Sud de la Russie, elle pénètre à travers la dépression du Touran jusqu'au Baloutchistan et entoure les rives de l'Océan Indien. Jusqu'à présent, cette transgression est inconnue dans la Sibérie Occidentale.

Nikitin a réuni les faits qui prouvent d'une manière concluante que la mer de l'étage volgien est venue du Nord, et qu'au contraire la transgression de la Craie moyenne et supérieure s'est avancée sur les plaines de la Russie d'Europe en venant de l'Ouest et du Sud [1].

Sokolov a montré que vers la fin de la période éocène, et en tout cas à l'époque de l'Oligocène inférieur, il existait dans la Russie méridionale une vaste mer, qui communiquait librement avec la mer oligocène inférieure de l'Allemagne du Nord. Cette mer se retira avant l'époque de l' « étage de Poltava », c'est-à-dire avant l'époque des forêts de l'ambre [2].

La dernière transgression de la Mer Glaciale dont les traces soient visibles, dans les parages les plus septentrionaux de la Russie, était sans aucun doute d'origine arctique. Elle est postérieure à une notable partie de l'époque glaciaire.

Le cours actuel du Tobol indique le tracé de l'ancienne communication des eaux à travers le détroit de Tourgaï. Les affluents qu'il reçoit dans son cours supérieur, sur la rive gauche, permettent de constater que les terrains de l'Oural continuent à régner

1. S. Nikitin, *Les vestiges de la période crétacée dans la Russie centrale*, r. f. (Mém. Comité géol., V, n° 2, 1888, carte).

2. N. Sokolow, *Die untertertiären Ablagerungen Südrusslands*, r. a. (Mém. Comité géol., IX, n° 2, 1893, 2 cartes [voir *La Face de la Terre*, II, p. 503, fig. 90]).

jusqu'à une grande distance à l'Est du bord des montagnes, avec la même direction et à une faible profondeur au-dessous de la surface. Encore assez haut en amont de Koustanaï et au-dessus du confluent de l'Aïat, Krasnopolsky a trouvé sur le Tobol du porphyre, de la porphyrite et du Dévonien; et sur l'Aïat, entre Nikolaïevsk et le confluent, le même géologue a vu du porphyre, de la diabase, des traces de Carbonifère, des couches mésozoïques à empreintes végétales et de la Craie supérieure marine[1].

Sur l'Aïat, la Craie horizontale recouvre des couches paléozoïques redressées. Elle renferme *Ostrea vesicularis*, *Ostrea acutirostris*, *Belemnitella lanceolata*, etc. Son faciès est tout à fait européen. Mais, d'après les observations actuelles, elle ne dépasse pas l'Aïat; en effet, par un contraste absolu avec ce qu'on observe dans l'Europe Centrale, aucune trace certaine de la transgression du Crétacé supérieur n'a encore été signalée jusqu'à présent dans toute l'étendue des plaines de la Sibérie, à moins qu'il ne faille considérer comme telle un lambeau très éloigné, situé sur la Sossva, dans le Nord-Est de l'Oural, lambeau dont nous reparlerons bientôt et dont les caractères sont d'ailleurs différents.

Après l'époque crétacée, les mers tertiaires envahissent le détroit de Tourgaï. Wissotzky a donné un intéressant aperçu de la répartition des dépôts qu'elles ont laissés en Sibérie (fig. 4)[1]. Ces dépôts commencent, comme dans la Russie d'Europe, avec un des derniers horizons de l'Éocène; c'est un grès grossier verdâtre, glauconieux, contenant des dents et des vertèbres de Poissons et les restes mal conservés de Pholadomyes, de Cyprines, d'Huîtres, etc. C'est là du moins l'aspect qu'ils présentent sur le haut Tobol.

Les sédiments oligocènes inférieurs sont surtout argileux et ont une grande extension. Ils forment une série de lambeaux sur le versant nord des collines de la Steppe des Kirghiz et s'avancent même jusqu'auprès de Sémipalatinsk, dans la vallée de l'Irtych. Là, ils affectent l'aspect d'argiles feuilletées gypsifères, d'un gris violacé ou bigarrées, où l'on trouve *Cyprina*, *Fusus gracilis*, *Fusus multisulcatus*, etc. Mais ils s'étendent aussi très loin vers le Nord.

1. Krasnopolsky, *Travaux de la Section minière dans la Sibérie occidentale en 1893* (Bull. Comité géol. St-Pétersbourg, XIII, 1894, p. 181, 182 r. et 194, 195 f.); du même: *Recherches géologiques dans le bassin du Tobol*, r. f. (Explorations géologiques et minières le long du Chemin de fer de Sibérie, livr. XX, 50 p., 1 carte, St.-Pétersbourg, 1899). Le plongement du Dévonien, inférieur à 60°, est S.W. 255°, ce qui répond à la direction N.N.W. 345°.

2. N. Wyssotzky, *Aperçu sur les dépôts tertiaires et posttertiaires de la Sibérie occidentale*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, V, 1895, p. 69-94, carte).

Fédorov les a observés sur la Sossva au delà du 63° de lat. Nord, et ils affleurent sous la même latitude, à l'Est de ce point, près de Souréisk, au bord de l'Ob. On ne saurait douter que la mer oligo-

Fig. 4. — Extension des dépôts tertiaires dans la Sibérie Occidentale, d'après Vissotzky

1. Dépôts marins éocènes et oligocènes; 2. et 3. Formations d'eau douce du Tertiaire moyen et supérieur; 4. Dépôts récents d'origine fluviale et lacustre; 5. Dépôts à blocs erratiques; 6. Produits de la dernière transgression arctique.

cène inférieure de l'Allemagne a pénétré à l'Est de l'Oural, par le détroit de Tourgaï, jusqu'au domaine actuel de la Mer Glaciale.

Vers le milieu ou la fin de la période oligocène, toute communication marine par le détroit de Tourgaï cesse. Les argiles marines

commencent à alterner avec des bancs de lignite; on trouve de l'ambre; il y a des sables blancs. Exactement comme dans la Russie méridionale, c'est la phase des forêts de l'ambre qui succède au retrait de la mer. Désormais, les mers européennes ne communiquent plus avec l'Océan Arctique par la voie de Tourgaï.

L'horizon qui vient ensuite, dans l'Ouest de la Sibérie, et qu'on doit peut-être attribuer déjà au Miocène, correspond à des couches minces d'une argile gypsifère d'un gris brun, contenant parfois des eaux salées et servant de lit à des lacs saumâtres. Ces argiles n'affleurent que dans les vallées, où elles s'étendent d'ailleurs, comme les précédentes, jusqu'au delà du 62° de lat. N.

Au-dessus se présentent les dépôts d'eau douce du Tertiaire moyen et supérieur, dont l'extension est très considérable. Ce sont surtout des grès tendres, horizontaux, associés à des lignites; leur flore a été décrite par Heer comme miocène [1]. Ces dépôts d'eau douce se montrent déjà dans le détroit de Tourgaï lui-même et forment en avant des montagnes de la Steppe des Kirghiz une bordure fort large, qui s'étend vers le Nord jusqu'à Ialoutorovsk, sur le Tobol, puis jusqu'à Kaïnsk et bien plus loin encore vers l'Est, dans la Sibérie Orientale. Il est possible, d'ailleurs, que cette zone représente différents étages tertiaires. Sur l'Irtych, à 60 verstes en aval d'Omsk, on a trouvé une dent de *Mastodon tapiroides*.

Les Unios sculptées dont Tchersky et Martens ont fait connaître la présence près d'Omsk portent le cachet des gisements levantins de l'Europe méridionale [2].

Nous ne dirons rien ici des formations glaciaires et des dépôts à *Elephas primigenius*.

En résumé, la série des terrains comporte, dans le Sud-Ouest de la plaine sibérienne, des couches marines comprises entre le Sénonien et le milieu environ de la période oligocène, et correspondant aux mers qui ont passé par le détroit de Tourgaï; puis viennent des couches d'eau douce, représentant l'intervalle allant de l'horizon des forêts de l'ambre probablement jusqu'à l'étage levantin.

Il en va tout autrement dans le Nord. Nous devons les données

1. O. Heer, *Beiträge zur Fossilen Flora Sibiriens und des Amurlandes, V. Miocene Pflanzen aus Süd-West-Sibirien. Pflanzen von Simonowa im westlichen Ost-Sibirien* (Mém. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, 7e sér., XXV, n° 6, 1878, p. 36-48, pl. IX-XIV).

2. E. v. Martens, *Fossile Süsswasser-Conchylien aus Sibirien* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., XXVI, 1874, p. 741-751); F. von Czerski [Tchersky], *Zur Frage über das Alter der in den Umgebungen von Omsk vorkommenden Schichten* (Ibid., XXVIII, 1876, p. 217-224).

les plus détaillées sur cette région à Fédorov[1]. Du 62° de lat. N. jusqu'au voisinage du 64°, et sans doute encore bien plus loin vers le Nord, on voit dans le fond des vallées une argile verte à géodes, s'élevant rarement à une certaine hauteur au-dessus des basses eaux. D'après les fossiles, Nikitin y distingue deux horizons, à la base l'étage volgien à *Olcostephanus okensis* et au-dessus le Néocomien. En un point, sur la Sossva, Fédorov a trouvé des schistes argileux ou argiles grasses de couleur sombre, contenant de nombreux fragments de *Baculites*. Ce lambeau, auquel nous faisions allusion tout à l'heure, est le seul gîsement connu jusqu'à présent, dans le Nord de la Sibérie, d'un dépôt qu'on puisse rapporter à la Craie supérieure. Il n'est guère possible, d'après les données actuelles, de préciser davantage la comparaison avec la Craie méridionale de type européen (II, p. 484).

Les sédiments d'eau douce paraissent manquer dans cette partie de la région du Nord, dont la surface est recouverte par des formations plus récentes encore.

On connaît des traces de la dernière transgression arctique jusqu'à Obdorsk.

Récapitulons maintenant ce qu'on sait sur l'extension des mers. L'étage volgien et le Néocomien n'apparaissent que dans le Nord. La Craie supérieure de type européen n'est visible que dans l'extrême Sud-Ouest, au voisinage du détroit de Tourgaï. A côté se rangent les couches à Baculites, d'affinités douteuses, de la Sossva. L'Éocène supérieur affleure dans le Sud-Ouest. La mer oligocène inférieure relie le détroit de Tourgaï au domaine actuel de l'Océan Glacial. La dernière transgression arctique, de même que celles de l'étage volgien et du Néocomien, ne s'observe que dans le Nord.

Dans toute cette région, on ne voit aucune trace de plissements récents. Du côté de l'Ouest, les plis complètement rasés de l'Oural disparaissent sous le manteau des sédiments plus modernes, sans

1. E. Fedoroff, *Note sur l'existence des sédiments du système crétacé et des dépôts à blocs erratiques dans la partie voisine à l'Oural de la Sibérie septentrionale*, r. f. (Bull. Comité géol., VI, 1887, p. 439-450); du même : *Nouvelles Observations géologiques dans l'Oural septentrional* (Ibid., VIII, 1889, p. 7-20); pour les traces du terrain jurassique, voir le même, Gornyi Journal, 1897, II, p. 384. Il convient de noter ici que F. Schmidt signale la présence sur le bas Iénisséi, au Korepovskoïé Simovié, d'un fragment de *Micrabacia coronula* Goldf., remanié dans l'argile quaternaire, d'où ce savant conclut à une grande extension du Cénomanien dans le Nord (Mém. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, 7e sér., XVIII, n° 1, 1872, p. 23, 25, 162, pl. II, fig. 10). Toutefois, je ne connais aucun autre gisement du même genre dans l'ensemble des régions arctiques [à moins qu'il ne faille considérer comme tel les couches néocomiennes à *Theococyathus Nathorsti* que G. Lindström a fait connaître à la Terre du Roi Charles (Öfversigt k. Vetensk.-Akad. Förhandl. Stockholm, LVI, 1900, p. 5-12).].

que l'on puisse dire jusqu'où ils s'étendent ainsi dans la direction de l'Est.

4. Succession des terrains dans le plateau de la Sibérie Orientale. — Le plateau de la Sibérie Orientale diffère complètement du vaste bassin si régulier de l'Ob, rempli de dépôts récents. En se dirigeant vers l'Est, à partir de ce bassin, on rencontre sur le Iénisséi les terrains archéens qui appartiennent à la bordure de l'amphithéâtre d'Irkoutsk (fig. 3). A l'intérieur de cet amphithéâtre commence le plateau oriental, resserré par la bordure en question au Sud-Ouest, au Sud et au Sud-Est, et limité au Nord-Est par l'arc de Verkhoïansk. Au Nord-Ouest, l'arc de Taïmyr pénètre dans sa masse, et c'est seulement à l'Est et à l'Ouest de ce segment que le plateau atteint, sur une largeur relativement peu considérable, la Mer Glaciale.

Au Sud de ce territoire s'élèvent de larges croupes, peu découpées, souvent entièrement recouvertes de sombres forêts vierges et de marécages ; puis, en particulier sur la ligne de partage entre le Iénisséi et la Léna, viennent des montagnes tabulaires, aux parois escarpées, atteignant ordinairement une altitude de 600 à 700 mètres. C'est plus au Nord encore que passe la limite des forêts et que commencent les toundras, dont le sol ne dégèle jamais.

De grandes rivières, aux débâcles formidables, sillonnent le pays et se rendent au Iénisséi vers l'Ouest, à la Léna vers l'Est et à l'Océan Glacial vers le Nord. Il est probable que la majeure partie du bassin de l'Aldan doit être considérée comme un prolongement de ce plateau. La vallée de la Léna, encaissée de plus de 300 mètres sur une longue distance, appartient au plateau, sauf son extrémité inférieure, qui est comme emprisonnée dans les plis du faisceau de Verkhoïansk. La disposition de l'Olenek est tout à fait analogue. L'Anabara et la Khatanga tombent directement dans la Mer Glaciale, en sortant du plateau. Les trois Toungouskas représentent le drainage occidental et le Vilioui le drainage oriental.

Du bord des montagnes au Sud d'Irkoutsk (52°) jusqu'à l'embouchure de l'Anabara (au delà du 73°), ce plateau occupe plus de 21 degrés en latitude.

Quatre éléments prennent part à sa constitution.

Le premier est une vaste *plate-forme paléozoïque* qui existe, selon toute probabilité, au-dessous de la région tout entière, de l'extrême Sud jusqu'à la Mer Glaciale. Elle forme la partie inférieure ou toute la hauteur des versants, et l'on en aperçoit les

traces dans la plupart des vallées. Elle commence avec les équivalents des couches à *Olenellus* du Cambrien inférieur; le calcaire prédomine, mais on y remarque aussi une série de grès rouges et de marnes gypsifères et salifères bigarrées que nous plaçons dans le Silurien inférieur, d'après les recherches de M. de Toll, et qu'il convient de distinguer, par conséquent, des couches gypsifères et salifères qui affleurent près de Minoussinsk, en dehors de cette région, couches dont l'âge est dévonien[1].

La plate-forme est, par endroits, formée de couches absolument horizontales. Mais, sur le bord de l'amphithéâtre, se présentent de véritables plissements, dont l'intensité est d'autant plus grande qu'on s'approche davantage de ce bord. Vers le centre de l'espace circonscrit par cette limite, le plissement est très faible, et tout le reste de la plate-forme affecte une allure qui n'est pour ainsi dire pas dérangée. Autant qu'on peut l'affirmer en l'état actuel des recherches, le substratum des sédiments cambriens n'est visible nulle part, sauf un affleurement de schistes argileux métamorphiques que Czekanowski a rencontré sous les bancs cambriens près de Djédaïsk, dans le sillon d'érosion de la Léna, en amont du confluent du Patom.

Sur cette plate-forme cambrienne et silurienne reposent, en particulier dans la moitié méridionale, — c'est le second élément, — de nombreux lambeaux, grands et petits, de *couches à empreintes végétales*. Elles montrent que la plus grande partie de la plate-forme, pendant une durée fort longue, n'a pas été recouverte par la mer. Ce sont des grès et des conglomérats, plus rarement des argiles feuilletées, souvent accompagnés de couches de houille exploitables. On y trouve en un grand nombre de localités *Asplenium whitbyense*; toutefois, il n'est pas certain que tous ces bassins soient exactement contemporains. Oswald Heer les a placés dans le Jurassique moyen. Depuis, différentes opinions ont été exprimées au sujet de leur âge; des affinités multiples avec les flores du continent de Gondwana, dans l'Inde, ont été mises en lumière pour leurs prolongements méridionaux, situés dans l'Altaï, et Zeiller assimile en partie au Permien les dépôts à empreintes végétales de cette région[2].

1. E. Baron Toll, *Sur l'extension des dépôts cambriens et siluriens inférieurs en Sibérie*, r. (Verhandl. d. Russisch-k. Mineralog. Ges., 2. Ser., XXXIII, 1895, p. 273-281); *Ueber die Verbreitung des Untersilur und Cambrium in Sibirien* (Neues Jahrb. f. Min., 1895, II, p. 157-166); Eduard von Toll, *Beiträge zur Kenntniss des sibirischen Cambrium, I* (Mém. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, 8e sér., VIII, n° 10, 1899, 57 p., 8 pl.).

2. Parmi les nombreuses publications relatives à ces flores, je me contenterai de

Des lambeaux de ce genre ne se montrent pas seulement, d'ailleurs, sur le plateau de la Sibérie Orientale, jusqu'au pied de l'arc de Verkhoïansk, ils s'étendent encore au loin dans l'intérieur de l'Asie. Nous pourrons suivre les traces de leurs diverses flores à travers la Mongolie, une grande partie de la Chine et le Japon. Dans le Sud de la Chine, on doit leur attribuer les « couches rouges » du Bassin Rouge, de même que le « grès supra-houiller » de Richthofen dans le Nord de la Chine. Ce grès supra-houiller a été porté, dans le Nan-Chan, jusqu'au-dessus de la ligne des neiges éternelles, car la limite de ces sédiments, dont l'origine continentale est manifeste, ne coïncide pas avec la limite des grandes chaînes de montagnes. En outre, ils reparaissent très loin à l'Ouest, en Perse comme sur le bord oriental de l'Oural, et ils pénètrent même en Europe.

Ce n'est pas le lieu de discuter ici la question de l'âge des diverses flores. La plupart appartiennent sans doute au terrain jurassique; quelques-unes sont rhétiennes, d'autres probablement permiennes. Au Japon, elles vont jusqu'à l'époque crétacée. D'une façon générale, on peut dire que l'état actuel de nos connaissances rappelle celui qui existait dans l'Inde avant qu'on ne fût

citer : O. Heer, *Beiträge zur Juraflora Ostsibiriens und des Amurlandes* (Mém. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, 7e sér., XXII, n° 12, 1876, 122 p., 31 pl), et *Nachträge zur Jura-Flora Sibiriens, gegründet auf die von Herrn* Richard Maak *in Ust-Balei gesammelten Pflanzen* (Ibid., 7e sér., XXVII, n° 10, 1880, 34 p., 9 pl.); J. Schmalhausen, *Beiträge zur Jura-Flora Russlands* (Ibid., 7e sér., XXVII, n° 4, 1879, 96 p., 16 pl.); O. Feistmantel, *Further Notes on the Correlation of the Gondwâna Flora with other Floras*. (Records Geol. Survey of India, XIII, 1880, p. 190-193) ; C. Kosmovsky, *Quelques mots sur les couches à végétaux fossiles dans la Russie Orientale et en Sibérie* (Bull. Soc. Imp. Naturalistes de Moscou, nouv. sér., V, 1891, p. 170-177); R. Zeiller, *Remarques sur la flore fossile de l'Altaï à propos des dernières découvertes paléobotaniques de MM. les Drs* Bodenbender *et* Kurtz *dans la République Argentine* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XXIV, 1896, p. 471-487). — Le *Rhipidopsis gingkoides* apparaît ici, de même que sur la Petchora, dans les couches de Barakar de l'Inde, et dans la province Argentine de San Luis (Zeiller, Mém. cité, p. 469, etc.). Les opinions, au point de vue de l'âge de la faune, ne sont pas moins divergentes; Fr. Brauer, J. Redtenbacher et L. Ganglbauer trouvent que les insectes recueillis sur l'Angara, à Oust-Baléi, avec les plantes décrites par Heer, présentent la plus grande analogie avec ceux du Lias (*Fossile Insekten aus der Juraformation Ost-Sibiriens*, Mém. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, 7e sér., XXXVI, n° 15, 1889, 22 p., 2 pl.); une espèce est identifiée avec une espèce des Stonesfield Slates. J. V. Rohon place les poissons de Medviesko près Atchinsk dans le Dévonien (*Ueber fossile Fische vom oberen Jenisseï*, Mém. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, 7e sér., XXXVI, n° 13, 1889, 17 p., 2 pl.) ; A. Smith Woodward a examiné les mêmes échantillons et les attribue au Permien ou au Trias (*On a new Palaeoniscid Fish from Siberia*, Annals and Magaz. of Nat. Hist., 6th Ser., XII, 1893, p. 286, pl. X) ; voir aussi J. V. Rohon, *Die Jura-Fische von Ust-Balei in Ost-Sibirien* (Mém. Acad. Imp. Sc. St-Petersbourg, 7e sér., XXXVIII, n° 1, 1890, 16 p., 2 pl.); H. Becker serait disposé à mettre Oust-Baléi dans le Lias (*Zur Kenntniss der ostsibirischen Jurafische*, Mittheil. Naturwiss. Ver. f. Neuvorpommern u. Rügen, XXVI, 1895, p. 173-180).

arrivé au classement définitif des diverses flores de la série de Gondwana.

Le *Continent de Gondwana* est limité vers le Nord par une large zone de formations marines de l'ère mésozoïque. Cette zone s'étend de Sumatra et de Timor, par le Tonkin et le Yun-nan, à l'Himalaya et au Pamir, à l'Hindou-Kouch et à l'Asie Mineure. On doit la regarder dans son ensemble comme le reste d'une mer qui traversait l'emplacement actuel de l'Asie sur toute sa largeur. Neumayr l'a appelée « Méditerranée Centrale », et nous la désignerons ici sous le nom de *Téthys*. La Méditerranée d'Europe, telle qu'elle existe de nos jours, est un reste de la Téthys[1].

Les couches à empreintes végétales que nous venons de signaler en Chine, en Mongolie et en Sibérie témoignent de l'existence d'un second grand continent, au Nord de la Téthys, pendant l'ère mésozoïque. Nous donnerons ici à cet ancien continent le nom de *Continent de l'Angara*, emprunté au grand cours d'eau qui en marque à peu près le centre; et comme des lambeaux très étendus de ces dépôts à empreintes végétales se trouvent sur les bords de cette rivière et au Sud de son cours, nous les désignerons dans cet ouvrage sous le nom de *série de l'Angara*. Notre but n'est point, par là, de créer une dénomination nouvelle et définitive, mais, au contraire, en nous servant de ce terme provisoire, neutre en quelque sorte, de ne pas préjuger de l'âge exact des différents lambeaux. Cette expression répond à l'ensemble des flores permiennes et mésozoïques de ce continent, et est analogue à celle qui sert à désigner, dans le Sud, la flore du Gondwana. La classification de la série de l'Angara et l'assimilation chronologique de ses termes successifs à ceux de la série de Gondwana doivent être réservées à de futures études.

Même après la disparition de la Téthys, une notable partie du continent de l'Angara, et en particulier tout le Sud du plateau de la Sibérie Orientale, n'a plus été recouvert par la mer. C'est ce qu'attestent de nombreux lambeaux de couches lignitifères, associés à des flores tertiaires. Telle est la flore de Simonovo, sur le Tchoulym,

1. Ed. Suess, *Are Great Ocean Depths Permanent?* (Natural Science, II, n° 13, March, 1893, p. 180-187); E. Mojsisovics von Mojsvár, *Beiträge zur Kenntniss der obertriadischen Cephalopodenfaunen des Himalaya* (Denkschr. K. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., LXIII, 1896, p. 686-700); *Upper Triassic Cephalopoda Faunæ of the Himalaya* (Palæontologia Indica, Ser. XV : *Himalayan Fossils*, vol. III, pt. 1, 1899, p. 139-157), et dans d'autres publications. Pour l'orthographe du nom, je me range à l'avis de A. Bittner, *Bemerkungen zur neuesten Nomenclatur der alpinen Trias*, in-8°, Wien, 1896, p. 18.

décrite par Oswald Heer. Ces dépôts tertiaires pénètrent profondément dans les vallées des montagnes méridionales, et quand bien même ils ne seraient pas tous du même âge, leur dispersion sur de vastes surfaces est une preuve incontestable de l'absence de la mer. Ce sont les prolongements des dépôts analogues qui existent dans le bassin de l'Ob[1].

C'est par la disparition de la Téthys et par la jonction de l'ancien Continent de l'Angara avec le fragment indien du Continent de Gondwana qu'est née l'Asie actuelle.

Un contraste des plus tranchés sépare, de toutes les formations lacustres ou subaériennes qui caractérisent le continent de l'Angara, le troisième élément, les *transgressions* des mers mésozoïques qui, à différentes reprises, ont pénétré du Nord sur l'ancienne plateforme. Leur rôle dans la configuration extérieure du plateau de la Sibérie Orientale est aussi effacé que celui de la série de l'Angara, mais leur intérêt n'est pas moindre. D'après l'état actuel des recherches, elles atteignent leur limite méridionale sur le cours moyen du Vilioui, au voisinage du 62° de lat. N. Mais comme des couches à empreintes végétales de la série de l'Angara sont connues sous des latitudes plus élevées, dans la vallée de la Léna, il y a lieu d'admettre que les contours du continent ont oscillé quelque peu pendant l'ère mésozoïque[2].

Pour la connaissance de ces transgressions, M. de Toll s'est acquis de nombreux titres à la gratitude du monde savant par ses voyages successifs dans les toundras arctiques (fig. 5). Sur le cours inférieur de l'Anabara, au Nord du 72° de lat. N., jusqu'à la Mer Glaciale, cet explorateur a reconnu la zone de l'*Amaltheus margaritatus* du Lias, la zone du *Cardioceras cordatum* du Jurassique inférieur, l'étage volgien et le Néocomien[3].

1. O. Heer, *Beiträge zur Fossilen Flora Sibiriens und des Amurlandes*, V. *Miocene Pflanzen aus Südwest-Sibirien. Pflanzen von Simonowo im westlichen Ost-Sibirien* (*Flora fossilis arctica*, V; Mém. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, 7e sér., XXV, n° 6, 1878, p. 36-48, pl. IX-XIV). Pour la difficulté d'une détermination d'âge exacte, consulter J. Schmalhausen, *Ueber tertiäre Pflanzen aus dem Thale des Flusses Buchtorma am Fusse des Altaigebirges* (Palaeontographica, XXXIII, 1887, p. 181).

2. Il existe une indication douteuse sur un gisement plus méridional d'Ammonites le long du Tchadobetz, affluent de droite de l'Angara (vers 98 ou 99° de long. E.) dont le confluent se trouve par 58°40′ environ ; les échantillons ont été détruits lors de l'incendie du Musée d'Irkoutsk ; Iatchevsky, Gornyi Journal, 1894, II, p. 305.

3. Baron E. W. Toll, *Expédition aux Iles de la Nouvelle-Sibérie et aux rives de l'Océan Polaire*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXX, 1894, p. 446), et *Esquisse géologique des Iles de la Nouvelle Sibérie et principaux buts de l'Exploration polaire*, r. (Mém. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, 8e sér., IX, n° 1, 1899, p. 10, 11). [La carte géologique qui accompagne ce mémoire est reproduite dans les Mitteilungen de Petermann, XLVI, 1900, pl. 13]. Nordenskjöld a rapporté de l'île Préobrajenskii une grande

Les dépôts triasiques, qui sont très développés dans la chaîne de

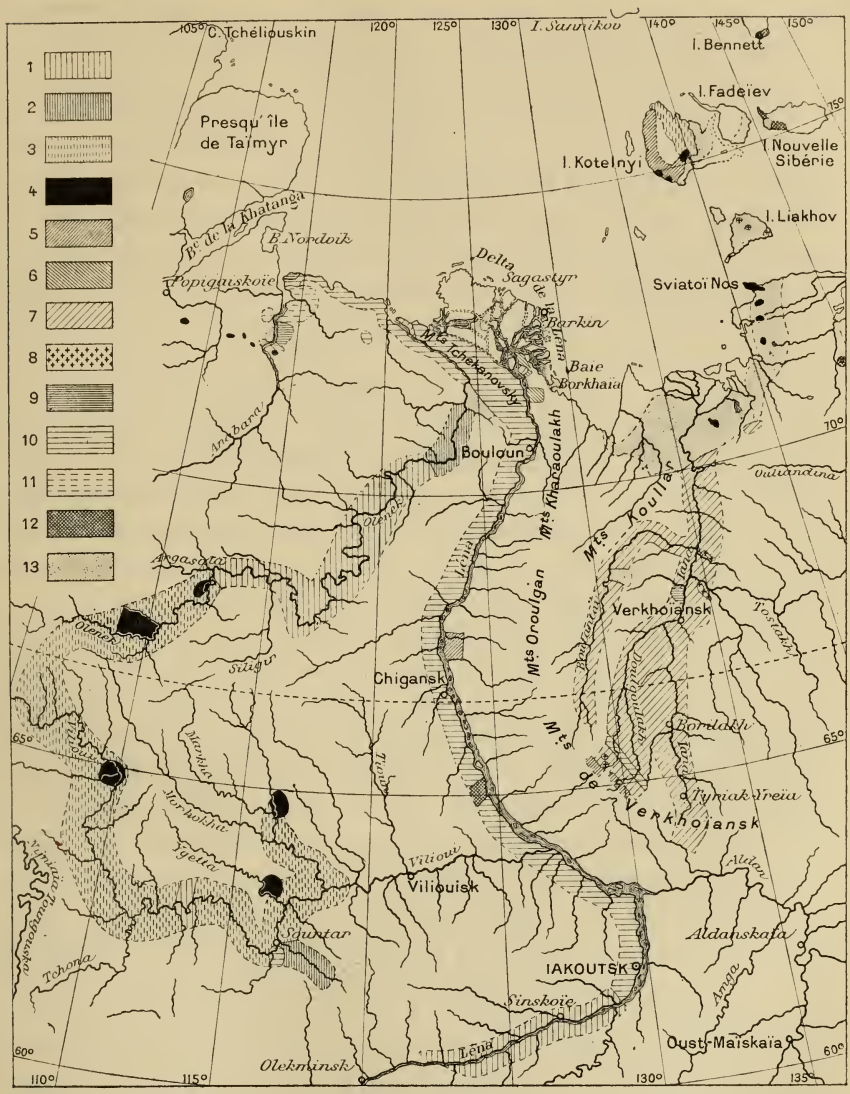


Fig. 5. — Carte géologique du Nord de la Sibérie Orientale, d'après E. de Toll (Petermanns Mitteil., XLVI, 1900, pl. 13).

1. Cambrien; 2. Couches rouges (Silurien inférieur); 3. Silurien supérieur; 4. Trapp et Diabase; 5. Dévonien; 6. Carbonifère; 7. Trias; 8. Granite; 9. Jurassique; 10. Étage volgien; 11. Néocomien; 12. Lignites (Miocène); 13. Dépôts post-tertiaires. — Échelle de 1 : 15 000 000.

Verkhoïansk et qui s'avancent même, comme on le verra plus loin,

Bélemnite, qui est peut-être jurassique; B. Lundgren, *Om en Belemnit från Preobraschenie-ön* (Öfversigt K. Vetenskaps-Akad. Förhandl. Stockholm, XXXVIII, n° 7, 1881, p. 3-7).

jusqu'à l'embouchure de l'Olenek, n'ont pas encore été rencontrés dans le domaine de la plate-forme paléozoïque. Quant à la transgression arctique post-glaciaire, ses traces se montrent disséminées sur toute la partie extrême de l'Asie, au Nord (II, p. 771).

Enfin, comme quatrième élément, des *épanchements de laves basiques* très étendus prennent part à la constitution de ce plateau. Tantôt ils rétrécissent le cours des fleuves, que dominent de hautes parois de rochers, tantôt ils forment les lignes de partage sur de grandes longueurs, tantôt enfin ils se présentent comme le toit de montagnes tabulaires au profil escarpé. Souvent, ces roches éruptives se divisent en colonnes prismatiques; on les réunit parfois sous la dénomination de « Trapp de Sibérie », ou même on les désigne par le simple nom de Basalte. Czekanowski, que ses longs et pénibles voyages avaient conduit à maintes reprises sur ces nappes de lave, admettait leur contemporanéité, principalement à cause de l'altitude uniforme de buttes tabulaires fort éloignées. Iatchevsky a dernièrement repris cette question, et s'est également prononcé en faveur de l'unité de tous ces gisements, ou du moins d'une très grande partie d'entre eux[1].

Mais l'unité et la contemporanéité sont deux choses différentes, et les divisions que la série sédimentaire nous permet de distinguer, dans le temps, ne sont pas limitées par des circonstances identiques à celles qui déterminent la marche des grands phénomènes éruptifs. Tantôt on constate un certain parallélisme chronologique, comme en Hongrie, vers le milieu de l'ère tertiaire, où des roches éruptives différentes paraissent caractériser les étages successifs; tantôt encore, on observe le contraire. Les basaltes du Groenland occidental renferment les restes de flores qui s'échelonnent de la Craie inférieure aux âges tertiaires. Les basaltes du Vicentin embrassent, au point de vue de la date de leur émission, toute la période comprise entre l'Éocène inférieur et les derniers termes de l'Oligocène supérieur, au moins. Les roches basiques de la Sibérie Orientale s'étendent jusqu'à l'embouchure du Iénisséi, et il est fort possible qu'elles se rattachent aux roches basiques analogues qui jouent un si grand rôle à la Terre François-Joseph et, plus au Nord, dans les régions arctiques. Or, nous aurons occasion de constater plus tard que ces roches, à la Terre François-

1. *Journal de l'Expédition de* A. L. Czekanovski *le long des rivières Toungouska, Olenek et Léna en 1873-75*, publié par F. Schmidt, r. (Zapiski Soc. Imp. Russe de Géogr., XX, 1896, p. 171 et suiv.); L. Iatchevsky, *Rapport sommaire sur l'arrondissement minier du Nord du Iénisséi*, r. (Gornyi Journal, 1894, I, p. 136).

Joseph, à la Terre du Roi Charles, etc., sont très probablement d'âge jurassique.

Selon toute probabilité, ces grands épanchements sibériens doivent avoir une commune origine. Ils ont duré, du moins sur quelques points, jusqu'à une époque très tardive, mais la date du début des éruptions est inconnue.

Nulle part on ne voit se dresser de volcan important. La présence de petits cônes de cendres confirme, plutôt qu'elle ne la réfute, une hypothèse formulée dans ces derniers temps, en particulier par MM. Michel-Lévy et Arch. Geikie, et d'après laquelle les grands épanchements ne proviendraient pas de bouches isolées, mais de véritables réseaux de fentes.

Dans l'exposé qui va suivre, je commencerai par jeter un coup d'œil sur la bordure du plateau, dans le Sud; puis je décrirai successivement les affluents de droite du Iénisséi, les affluents de gauche de la Léna et la vallée de la Léna elle-même; je terminerai par un regard sur le domaine arctique.

5. Vallée de l'Angara. — Le bord de l'amphithéâtre, au Sud d'Irkoutsk et tout le long du Primorskii Khrébet, à l'Ouest, est sans aucun doute une cassure. Les terrains archéens, comme Tchersky l'avait déjà reconnu, sont coupés perpendiculairement à leur direction; mais, ainsi que ce géologue l'avait également constaté, les couches paléozoïques du plateau, à l'approche de cette cassure, perdent leur horizontalité, se disposent en plis plus ou moins parallèles à l'accident en question, et même, par places, dans son voisinage immédiat, se montrent très violemment plissées.

En face du massif archéen de l'Elovskii Khrébet, au Sud d'Irkoutsk, les couches paléozoïques forment un synclinal dirigé E.N.E.; en même temps leur inclinaison atteint 70°.

Au Nord du point où l'Angara sort du Baïkal, le plissement est encore plus prononcé. Près de Kadilnaïa (à 30 verstes au Nord de l'Angara), ces couches s'élèvent jusqu'à 711 mètres au-dessus du Baïkal; leur chute sur le lac est si brusque qu'à environ 1 000 mètres de la rive, la profondeur de ce dernier atteint 1 100 mètres. Ces plis paléozoïques s'infléchissent de la direction E.N.E. à la direction N., puis W.N.W., comme s'ils voulaient suivre exactement la cassure occidentale du massif archéen du Primorskii Khrébet. Au Nord de cette région, au Nord de la baie d'Oulountoui, commence même un renversement des terrains paléozoïques dans la direction opposée au lac. Sur la haute Golooustna, qui sépare

les Monts Onot (*On*, fig. 3) de la zone archéenne du Primorskii Khrébet, les couches sont également renversées et le plissement paraît s'étendre à toute la largeur des Monts Onot[1].

Même dans le sillon de la Léna, à mi-chemin entre Vitimsk et Kirensk, Obroutchev a trouvé les sédiments paléozoïques légèrement plissés suivant la direction N.E. [2].

De l'autre côté de l'amphithéâtre, à l'Ouest de la ville de Nijné-Oudinsk (407 m.), on voit surgir au-dessus de la région paléozoïque une montagne isolée de granite à amphibole, qui attire les regards d'une grande distance à la ronde. Son sommet, la Krouglaïa, atteint environ 4 200 pieds (1 828 m.). Ijitzky a pu y constater des phénomènes de contact et montrer que le granite est postérieur aux roches paléozoïques encaissantes; en outre, ce géologue a trouvé dans une seconde localité, située à environ 100 verstes au Nord-Ouest, dans le bassin du Toumanchet (affluent de gauche de la Birioussa), un autre massif granitique, entouré d'une auréole de contact[3]. Grâce aux observations de Bogdanovitch, nous savons que la limite nord-est du granite de Nijné-Oudinsk ressemble à une flexure, que les terrains paléozoïques de ce bord nord-est plongent vers le granite, qu'un lambeau des mêmes couches existe encore près du sommet de la Krouglaïa, et que dans l'espace compris entre le massif granitique et la lisière du territoire archéen elles affectent une allure plissée[4].

Mais les plis ne restent pas cantonnés au bord de l'amphithéâtre.

D'après Bogdanovitch, la flexure de Nijné-Oudinsk est suivie au

1. I. D. Tchersky, *Compte rendu des recherches géologiques sur les rives du lac Baïkal*, 1re partie, r. (Zapiski Section Sibérie Orientale Soc. Imp. Russe de Géogr., XII, 1886, p. I-XXIX, 1-405, 5 pl.); *Résultats de l'étude du lac Baïkal*, r. (Matériaux pour la Géol. de la Russie, XIII, 1889, p. 1-48 [et Zapiski Soc. Imp. Russe de Géogr., XV, n° 3, 1886, p. 1-48] carte géol. en 2 f.), et autres publications indiquées ci-après. On trouve dans l'édition russe de Karl Ritter, *Géographie de l'Asie... Sibérie Orientale, Lac Baïkal... et... Transbaïkalie*, r. (réd. par P. P. Séménov, I. D. Tchersky et G. G. v. Petz, 2 vol. in-8°, St-Pétersbourg, 1894-1895), un grand nombre de données, extraites de divers documents, sur la structure des rives du Baïkal; voir en particulier I, p. 153; II, p. 94, 168, 176, 185, 588.

2. W. Obrutschew, *Die altpalaeozoischen klastischen Gesteine des Lenathales zwischen Katschug und Witimsk im Ost-Sibirien*, r. a. In-8°, 212 p., carte, 2 pl. Irkoutsk, 1892 (Zapiski Section Sibérie Orientale Soc. Imp. Russe de Géogr., II, n° 1). Dès 1829, Ad. Erman observait ces coupes remarquables des bords de la Léna; *Reise um die Erde durch Nord-Asien und die beiden Oceane in den Jahren 1828, 1829 und 1830. Historicher Bericht*. In-8°, II, Berlin, 1838, p. 206, 216, 242, etc.

3. N. Ijitzky, *Explorations géologiques le long du chemin de fer de Sibérie en 1894*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer Sib., III, 1896, p. 65-104, carte IV; voir notamment p. 89).

4. K. Bogdanovitch, *Matériaux pour la géologie du Gouvernement d'Irkoutsk*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, II, 1896, p. 1-284, 8 pl. de cartes et profils); voir en particulier p. 24-30 et la coupe, pl. IV, fig. 4.

Nord par des failles dirigées W.N.W., puis par de légères ondulations qui se propagent jusque dans la série des couches à empreintes végétales de l'Angara. Toutefois, ces accidents ne conservent pas leur direction primitive à l'W.N.W., mais tournent peu à peu en approchant de la vallée de l'Angara, et finissent par prendre une direction perpendiculaire à la précédente, N.E. ou E.N.E., de façon à devenir parallèles aux Monts Onot, de l'autre côté de l'amphithéâtre ; il en résulte que le tracé de ces plis récents dessine une sorte de fer à cheval, grossièrement concentrique aux contours de l'amphithéâtre ; Bogdanovitch les regarde comme la conséquence de mouvements qui se seraient fait sentir suivant les directions anciennes, et suppose qu'il y a eu compression des bords vers le centre de l'amphithéâtre, c'est-à-dire à peu près vers l'Angara[1].

Ces plis bordant l'amphithéâtre seront désignés désormais sous le nom de *plis marginaux*. Leur caractéristique est la diminution de l'intensité du plissement, en allant du bord concave de l'amphithéâtre vers l'intérieur. Au contraire des plis des grandes chaînes asiatiques, ils sont *déjetés vers le Nord*. Mais, chose singulière, quoiqu'on y voie même des renversements, ils ne forment pas de chaîne de montagnes indépendante.

Les lambeaux de couches tertiaires à lignites sont toujours horizontaux.

De larges affleurements des couches de l'Angara s'étendent à une faible distance de la bordure. De Nijné-Oudinsk, on les suit le long de l'Oka jusqu'à la ligne du chemin de fer transsibérien, et aux environs d'Irkoutsk la rivière Angara les traverse sur une largeur considérable. Là, elles atteignent sur une faible longueur la rive du Baïkal et vont mourir au Nord sous la forme de lambeaux isolés, recouvrant la plate-forme silurienne. Des basaltes et des buttes tertiaires les surmontent. Bogdanovitch admet avec raison que, pendant la partie correspondante de l'ère mésozoïque, il existait, à l'intérieur de l'amphithéâtre, un grand lac d'eau douce.

A l'Ouest, les épanchements basiques deviennent plus continus ; c'est ainsi qu'une bande allongée et étroite de ces laves s'étend de Nijné-Oudinsk dans la direction du N.W. ; elle est traversée par la Birioussa et se prolonge sous le nom de Kamennii Khrébet (« Crête Pierreuse ») jusqu'à Kansk. Ijitzky l'a décrite[2]. Une seconde traînée, beaucoup plus large, court de Nijné-Oudinsk, d'après les levés de Iatchevsky, dans la direction du N.N.W. ; elle occupe le

1. Bogdanovitch, Mém. cité, p. 255.
2. N. Ijitzky, Mém. cité, p. 86.

bassin des rivières Tchouna et Birioussa jusqu'à leur confluent, qui forme le Tassiéev[1]. Il est probable que cette large bande, au delà de la Tchouna, franchit l'Angara et va se confondre avec la grande région basaltique de la Podkamennaïa Toungouska et de la Nijniaïa Toungouska.

A l'Ouest du bas Tassiéev, entre 56° 30′ et 58° de lat. N. environ, on ne trouve le long du Iénisséi, sur des espaces immenses, que des couches tertiaires à lignites. Sauf quelques restes, le bord de l'amphithéâtre disparaît; mais comme, là encore, près du village de Kargyn, au Sud du confluent de l'Angara, on voit des calcaires paléozoïques recouvrir en discordance les micaschistes, il est possible qu'il existe en cet endroit un prolongement souterrain de la limite vers la Sibérie Occidentale[2].

Les coupes qu'on peut relever dans la *Vallée de l'Angara* comptent parmi les plus intéressantes de toute la plate-forme de la Sibérie Orientale.

Aux environs d'Irkoutsk, le cours de l'Angara est établi sur les couches à empreintes végétales; la rivière s'encaisse ensuite dans des assises paléozoïques horizontales dont l'étage inférieur est calcaire, tandis que l'étage supérieur correspond à une série puissante de dépôts dont la couleur dominante est le rouge.

Ces derniers consistent en grès, associés à des marnes bigarrées, et parfois à du gypse avec quelques bancs de calcaire. On y a trouvé des Lingules et des empreintes d'*Eophyton;* dans un horizon plus ancien, on a recueilli l'*Obolus Apollinis*. Avec M. de Toll, nous attribuons toute cette série de couches aux terrains cambrien et silurien. Elles forment, représentées surtout par des roches rouges, les rives de l'Angara sur l'énorme distance comprise entre les environs de Balagansk (par environ 53° 45′ de lat. N. et 103°20′ de long. E.) et Kamenskaïa (58° 45′ de lat. N., 96° de long. E.). La seule partie de la vallée qui fasse exception est la région avoisinant le coude de l'Angara, où, en aval de 58° 30′, un lambeau de couches plus récentes à empreintes végétales s'étend jusqu'aux rapides d'Aplin, par 101° 40′ de long. E.; un autre lambeau analogue se montre au Sud de l'Angara, sur la rivière Moura (99° de long. E.).

Iavorovsky a parcouru tout le tronçon situé en aval de Bratskii

1. L. Yatchevsky, *Recherches géologiques dans la partie nord du district de Kansk et le long du chemin de fer de Sibérie, entre Nijnéoudinsk et Kimiltéï*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, III, 1896, p. 10 et carte I).

2. Iatchevsky, Gornyi Journal, 1894, II, p. 312 (r.).

Ostrog (56° 12′ de lat. N., 102° de long. E.), et je suivrai ses indications (fig. 6), en laissant de côté pour le moment les couches plus récentes à empreintes végétales [1].

Dans tout le bassin supérieur et moyen de l'Angara, les terrains paléozoïques ont une allure des plus tranquilles et ne sont affectés que de quelques failles. Mais en approchant du confluent du Iénisséi, on voit apparaître des plissements, qui, vers l'aval, deviennent de plus en plus violents; en même temps, les roches portent

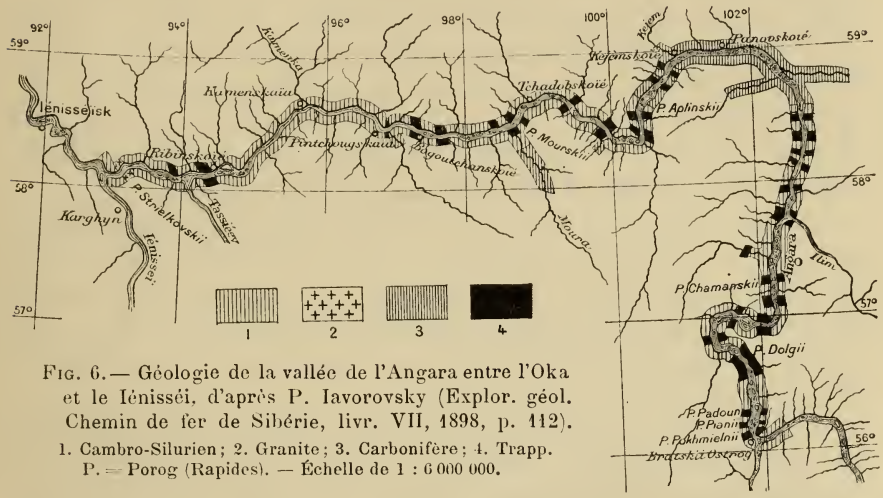


Fig. 6. — Géologie de la vallée de l'Angara entre l'Oka et le Iénisséi, d'après P. Iavorovsky (Explor. géol. Chemin de fer de Sibérie, livr. VII, 1898, p. 112).
1. Cambro-Silurien; 2. Granite; 3. Carbonifère; 4. Trapp. P. = Porog (Rapides). — Échelle de 1 : 6 000 000.

l'empreinte de phénomènes dynamiques d'une intensité croissante, et elles finissent par être traversées de surfaces de dislocation si nombreuses — failles inverses ou plans de poussée, — que les plis eux-mêmes disparaissent. On atteint donc aussi, sur le côté ouest de l'amphithéâtre, la zone des plis marginaux.

Tandis que Bogdanovitch, sur le cours supérieur de l'Angara, ne signale pas de gisements volcaniques, ces formations, d'après Iavorovsky, prennent en aval de Bratskii Ostrog et jusqu'au confluent un grand développement. Partout où l'on a pu les observer avec soin, ce ne sont pas des filons, mais des nappes intrusives, à la manière des *Sills*, dans les couches rouges paléozoïques, qui modifient au contact leur toit, et plus rarement leur mur. L'épaisseur de ces nappes arrive à dépasser 200 mètres et on les suit parfois sur une dizaine de verstes. Elles sont de couleur sombre et se distinguent nettement, dans le relief du sol, des couches rouges

1. P. Yaworovsky, *Recherches géologiques exécutées en 1895 le long de la rivière Angara*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, VII, 1898, p. 99-112, carte).

moins résistantes du Silurien inférieur. Leur présence en travers du lit fluvial y détermine les nombreux rapides qui donnent à l'Angara une notoriété fâcheuse. Ce sont des diabases, et aussi des gabbros et des porphyrites.

A l'intérieur des plis marginaux, à partir du 96° de long. E., les conditions sont très compliquées. Au lieu des couches rouges du Silurien inférieur apparaissent des schistes foncés, puis de nouveau du Silurien inférieur normal, contenant un massif de calcaire métamorphique micacé et grenatifère; un autre affleurement de trapp normal vient ensuite; enfin, tout près du Iénisséi, se montrent des filons de granite dans le calcaire. Iatchevsky les a décrits et figurés; ils font partie d'un massif granitique plus étendu, formant les rapides de Strielka, qui précède immédiatement le confluent. Ce massif de granite récent, situé dans la région des plis marginaux, est donc comparable à celui de Nijné-Oudinsk[1].

Le prolongement de l'amphithéâtre archéen doit se trouver près de là, à l'Ouest du Iénissei, comme l'indiquent du reste les traces des environs de Kargyn; nous en retrouverons bientôt d'autres au Nord de l'Angara, à l'Est du Iénisséi.

Passons maintenant à l'étude de la série de recouvrement, la série de l'Angara.

Kositzky, il y a plus d'un demi-siècle, a fait paraître une carte géologique du lointain territoire compris entre l'Angara et la Podkamennaïa Toungouska; ce géologue note déjà que l'île Tchernaïa, sur l'Angara (58° 35′ de lat. N.), est formée de cendres volcaniques à cristaux d'augite; en aval, les tufs, qui contiennent des morceaux d'ambre, prennent un grand développement et sont associés à des conglomérats très épais[2].

D'après Iavorovsky, les choses se passent de la façon suivante :

La série des couches, qui est assez puissante, comprend d'abord, à la base, des conglomérats grossiers, contenant des cailloux de trapp grenu, et aussi de roches archéennes. Au-dessus, le grain devient plus fin; il y a ensuite des bancs sableux, et enfin des bancs de couleur foncée ressemblant à des tufs et contenant des zéolites en géodes ou remplissant les fentes. Cette série de couches est recoupée, dans sa partie inférieure et moyenne, par des filons plus ou moins verticaux d'une roche identique à celle qui constitue

1. Iatchevsky, Gornyi Journal, 1894, II, p. 315 (r.).

2. M. Kositzky, *Geognostische Beobachtungen im Nord-Oestlichen Sibirien während der Jahre 1844 und 1845* (Verhandl. Russisch-k. Mineralog. Ges., Jahr 1847 (1848), p. 23-63, carte). Sur cette carte, il faut sans doute lire *gabbro* ou *porphyrite* au lieu de *granite*; Kositzky avait nettement reconnu la nature intrusive de ces roches.

les intrusions stratiformes ou *sills* du Silurien inférieur, et notamment à sa variété porphyroïde. Il est donc certain que, pendant le dépôt de ces couches inférieures et moyennes, il s'est produit là des éruptions.

Dans les horizons plus élevés, on voit des gîtes de houille et des empreintes végétales. Les genres *Nevropteris* et *Sphenopteris* y sont représentés, ainsi que le *Rhyptozamites Gœpperti* Schmalhausen, espèce considérée autrefois, dans le Nord, comme jurassique et retrouvée depuis dans l'étage d'Artinsk, et un *Lepidodendron* [1].

Cette flore est identique à celle que nous rencontrerons dans le Nord, sur la Nijniaïa Toungouska, et dans le Sud, au bassin houiller de Kouznetsk dans l'Altaï. Une partie des épanchements basiques du plateau de la Sibérie Orientale remonte jusqu'à l'époque qu'elle sert à caractériser. Elle correspond, selon toute vraisemblance, au peuplement continental le plus ancien de ce plateau; peut-être représente-t-elle aussi la flore la plus ancienne du continent de Gondwana.

6. Podkamennaïa Toungouska. — Au Nord du confluent de l'Angara apparaissent les collines archéennes qui se prolongent jusque vers le confluent de la Podkamennaïa Toungouska. A l'Est de ce massif s'intercale, d'après les observations de Iatchevsky, une zone violemment plissée de grauwackes, de quartzites et de schistes argileux qui doit correspondre au prolongement des plis marginaux. Franchissant le Pit, cette zone occupe sans doute tout ce territoire. On y signale d'ailleurs une discordance par rapport à des grès rouges et à des conglomérats rouges qui sont eux-mêmes assez disloqués, et auxquels succèdent des calcaires contenant des fossiles paléozoïques. Le point culminant de cette région est l'*Enachimskii Palkan*, dont l'altitude est d'environ 4000 pieds [1 200 m.]; c'est une table stratifiée, qui appartient, en tout cas, à l'intérieur de l'amphithéâtre [2].

On voit le terrain silurien sur une très grande partie du cours inférieur de la Podkamennaïa Toungouska. Schmidt et Toll signalent sur ses bords, d'après les récoltes de Lopatin, des Trilobites du Silurien inférieur, recueillis par 92° de long. E. environ. Toll

1. Yaworovsky, Mém. cité, p. 105, 106. D'après Seward, il est possible que certaines formes rappelant les *Lepidodendron* et que l'on rencontre dans l'Afrique Australe associées aux *Glossopteris*, soient identiques à *Sigillaria Brardi*, espèce caractéristique des couches d'Ottweiler; A. C. Seward, *On the Association of Sigillaria and Glossopteris in South Africa* (Quart. Journ. Geol. Soc. London, LIII, 1897, p. 330, 335).

2. Iatchevsky, Gornyi Journal, 1894, I, p. 133 (r.).

croit même pouvoir reconnaître dans un calcaire oolithique vu par 98° 30′ de long. E. l'équivalent du Cambrien[1].

Par contre, tout le cours supérieur de la rivière est situé dans les roches éruptives basiques. Kositzky dit que, du coude de l'Angara, les tufs franchissent sur une grande largeur la ligne de partage des eaux, du côté de la Podkamennaïa Toungouska, et il signale encore au confluent du loukhtougoun I avec cette rivière (vers 60° de lat. N.), au milieu de ce territoire volcanique, des schistes argileux durs contenant des troncs de *Psaronius*[2].

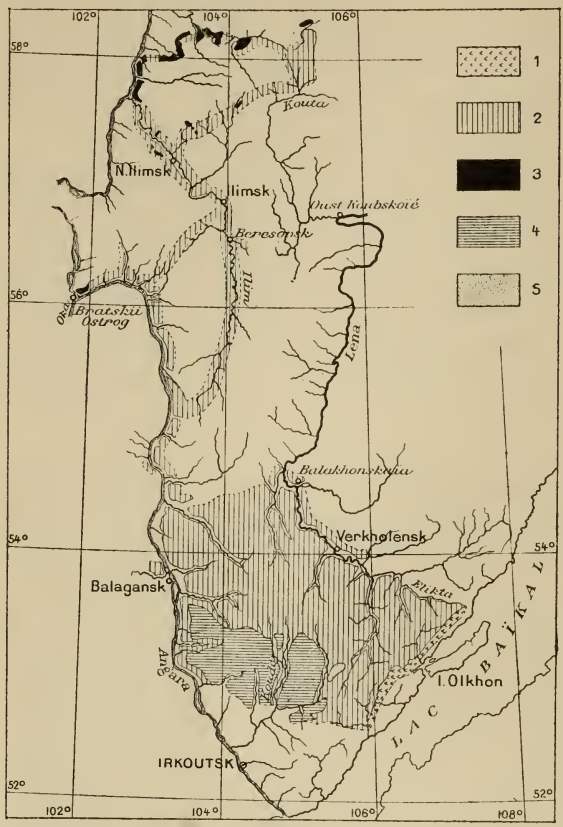


Fig. 7. — Itinéraires géologiques entre l'Angara, le lac Baïkal et la Léna, d'après N. Ijitzky (Explor. géol. Chemin de fer de Sibérie, livr. VII, 1898).

1. Granite et Gneiss; 2. Cambro-Silurien; 3. Trapps sibériens, tufs; 4. Jurassique; 5. Néogène. — Échelle de 1 : 6 000 000.

Plus en aval également, sur le cours moyen de la Podkamennaïa Toungouska et jusqu'au Iénisséi, Lopatin a constaté que les roches éruptives basiques sont très développées. Elles pénètrent à travers le Silurien, qu'elles modifient, et forment des tables à sa surface. Khroustchov a décrit des centaines d'échantillons provenant de la région du confluent de la Tchouna (98° 30′ de long. E.),

1. F. Schmidt, *Ueber einige neue ostsibirische Trilobiten und verwandte Thierformen* (Bull. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, XXX, 1886, p. 501-512, 1 pl.); Toll, Neues Jahrb. f. Min., 1895, II, p. 160, 164. Lindström compare les Polypiers recueillis dans ces couches à ceux des calcaires de Trenton et de l'Hudson, dans l'Amérique du Nord; G. Lindström, *Silurische Korallen aus Nord-Russland und Sibirien* (Bihang K. Svenska Vet.-Akad. Handl., Stockholm, VI, n° 18, 1882, p. 10-19, 1 pl.).

2. M. Kositzky, Verhandl. Russisch-k. Mineralog. Ges., Jahr 1847 (1848), p. 52.

du Velmé (92°) et d'autres localités ; il considère toutes ces laves comme des roches péridotiques à plagioclase et à pyroxène et comme des produits de différenciation d'un même magma, dont le résidu vitreux possède une composition spécifique uniforme. Tantôt elles ressemblent à des gabbros ou présentent une structure ophitique, et tantôt elles renferment jusqu'à la proportion de deux tiers de ce résidu vitreux [1].

Les reliefs qui forment la ligne de partage des eaux entre le bassin supérieur de l'Angara et celui de la Léna, et qui vont finir vers les sources de la Podkamennaïa Toungouska et de la Nijniaïa Toungouska, entourent la vallée de l'Ilim et portent successivement, du Sud au Nord, les noms de Khrébet Beresovii, Khrébet Ilimskii et de Monts des Toungouses. Ijitzky les a décrits (fig. 7). Leur profil est large et émoussé. Ils doivent tous leurs formes à l'érosion du plateau paléozoïque. A partir du 57° de lat. N. environ, on rencontre quelques coupoles de coulées basiques, superposées aux terrains primaires. La partie septentrionale, appelée Monts des Toungouses, recouverte d'une épaisse taïga et bordée de vallées marécageuses, atteint 3500 pieds [1000 à 1100 m.]. Au Nord du 58° de lat. N., Ijitzky a rencontré les tufs déjà signalés [2].

7. Nijniaïa Toungouska; bas Iénisséi. — Tout le cours de la Nijniaïa Toungouska ou Toungouska inférieure a été exploré par Czekanowski, dans deux pénibles voyages [3].

Par 58° de lat. N., son cours supérieur arrive très près de celui de la Léna; mais, bien que le faîte intermédiaire soit fort étroit, le lit de la Nijniaïa Toungouska est à 249 pieds (75 m.) au-dessus de celui de la Léna. En ce point, il est encaissé dans les couches rouges du Silurien inférieur. Partout reparaissent les *Krasnié Iari*, c'est-à-dire les « berges rouges » ; les fossiles ne sont pas rares ; l'allure est horizontale ou légèrement ondulée. Par 59° de lat. N.

1. K. von Chrustschoff, *Vorläufige Mittheilung über die von Herrn* J. Lopatin *an der Steinigen* (*Podkammenaja*) *Tunguska gesammelten Gesteine* (Bull. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, Nouv. Sér., II (XXXIV), 1892, p. 193-224, 1 pl.). En un point, à 61 ou 62 verstes en amont du 5e rapide en amont du confluent de la rivière Velmé, affleure une roche à leucite; K. von Chrustschoff, même vol., p. 225-230, 1 pl., et Neues Jahrb. f. Min., 1891, II, p. 214-228.

2. N. Ijitzky, *Recherches géologiques du gouvernement d'Irkoutsk en 1895*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, VII, 1898, p. 113-153, carte).

3. *Journal de l'Expédition de* A. L. Czekanowski *le long des rivières Toungouska, Olenek et Léna*, etc.; voir aussi Czekanowski, Russische Revue, herausg. von C. Röttger, 1877, X, p. 170 et 173-193, et *Uebersicht der geologischen Verhältnisse an der unteren Tunguska* (in : Ferd. Müller, *Unter Tungusen und Jakuten*, in-8°, Leipzig, 1882, p. 301-311). Müller accompagnait Czekanowski dans son second voyage.

affleure du sel; il en est de même plus au Nord, dans la vallée de la Népa, et c'est là aussi qu'on trouve pour la première fois du trapp. Les couches rouges gypsifères et salifères du Silurien inférieur continuent à border la rivière; elles présentent quelquefois des flexions; par 60° 15′ commence un district important de roches éruptives basiques, qui s'étend ensuite sans interruption jusque vers le confluent de la Toungouska et du Iénisséi, c'est-à-dire de 60° 15′ de lat. N. et 107° 50′ de long. E. à environ 66° de lat. N. et 88° de long. E. Czekanowski, en suivant les méandres de la Toungouska, a parcouru 1 800 verstes à travers ces roches basiques, jusqu'à l'endroit où elles cessent, près du confluent. De la butte tabulaire de Longachin (1 900 pieds [580 m.]), sur le cours supérieur, jusqu'à celle de Koutinga (2 000 pieds [610 m]) la distance en ligne droite est de 600 verstes[1].

Dans certains cas, il s'agit certainement ici de vraies coulées de laves, jouant le rôle de couverture; mais la description donnée par Czekanowski montre qu'on y trouve constamment de très grands lambeaux de terrains sédimentaires, dont la longueur peut atteindre 200 mètres, et qui flottent pour ainsi dire dans les laves. Bien que les filons verticaux soient loin d'être rares, il semble cependant que ce qui domine, c'est une sorte d'intumescence générale, sous l'influence d'intrusions stratiformes, comme les *sills* déjà signalés sur l'Angara : les terrains stratifiés encaissants ont été complètement décollés et brisés, et leurs fragments entraînés par la lave ascendante, à la façon du petit lambeau tithonique de Fontana Fredda, dans les Monts Euganéens (I, p. 191).

Quelques-uns de ces lambeaux appartiennent au Silurien, comme le lambeau de calcaire à grenats du voisinage de l'Anakit (91° de long. E.); les fragments et les lambeaux de couches de la série de l'Angara sont beaucoup plus fréquents. On en trouve depuis le cours supérieur de la Toungouska jusque vers son confluent avec le Iénisséi. Souvent, la houille y est transformée en graphite. Leur flore a été décrite par Schmalhausen; elle est identique à celle que nous ont fournie les tufs du coude de l'Angara[2]. Lavrsky définit ces laves des roches augitiques à plagioclase, renfermant parfois de l'olivine, et il insiste, comme Khroustchov, sur leur grande extension[3].

1. F. Müller, *Unter Tungusen und Jakuten*, p. 305.

2. J. Schmalhausen, *Beiträge zur Jura-Flora Russlands*, III. *Jura-Flora der Unteren Tunguska* (Mém. Acad. Imp. Sc. Sc. St-Pétersbourg, 7e sér., XXVII, n° 4, 1879, p. 55-92, pl. IX-XVI).

3. A. V. Lavrsky, *Sur les diabases du bassin de la Nijniaïa Toungouska*, r. (Procès-verb. Soc. des Naturalistes de l'Univ. de Kazan, XXIV, 1892-1893, p. 9-10).

C'est seulement sur le cours inférieur de la rivière, à partir du 89° de long. E. environ, que les calcaires siluriens affleurent sur de grandes étendues. Bientôt se montrent des plis, appartenant sans doute à la zone occidentale des plis marginaux; au-dessous des calcaires apparaissent des quartzites, puis des grès métamorphiques. Les calcaires reviennent ensuite, d'abord horizontaux, puis formant une voûte orientée N.W.-S.E., et un calcaire à Stromatopores se montre au confluent.

Ainsi, pas plus que la Podkamennaïa Toungouska, la Nijniaïa Toungouska n'atteint la bordure archéenne du grand plateau. La partie comprise entre les confluents de ces deux rivières est peu connue. D'après F. Schmidt, les calcaires à Stromatopores, alternant avec des couches argileuses, dominent le long du Iénisséi, jusqu'à une centaine de verstes en amont du confluent de la Nijniaïa Toungouska, et ils doivent se montrer aussi dans les vallées des tributaires, jusqu'à la Bakhta, qui débouche vers 62° 30′, à en juger par les cailloux que ces affluents charrient. Il en résulte que toute cette partie du cours du Iénisséi appartiendrait à l'ancien plateau [1].

Au Nord de Touroukhansk, les traces du terrain archéen disparaissent, et l'on peut constater que le territoire situé à l'Est du Iénisséi appartient, comme les berges mêmes du fleuve, au plateau.

On voit d'abord que, sur la Kouréika (confluent par 66° 30′), les terrains sont tout à fait les mêmes que sur la Nijniaïa Toungouska. Lopatin a remonté ce cours d'eau sur 160 verstes. Il y a trouvé un calcaire silurien à Orthocères et Pentamères et des diabases à olivine. A la mine de graphite abandonnée de Ponomarevskaïa (Sidorovo), il y a encore au-dessous du graphite des schistes graphiteux avec traces d'empreintes végétales, des quartzites, puis, à en juger par la coupe des rives, un calcaire cristallin et, sous ce calcaire, des diabases finement grenues [2].

A Igark (67° 20′) affleurent sur le Iénisséi des calcaires siluriens que percent des filons de porphyrite.

Sur la Khantaïka (confluent par 68° 15′ de lat. N.), Lopatin a

1. F. Schmidt, *Wissenschaftliche Resultate der zur Auffindung eines Mammuthcadavers an den untern Jenissei ausgesandten Expedition* (Mém. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, 7e sér., XVIII, 1872, p. 16); et *Vorläufige Mittheilungen über die wissenschalftlichen Resultate...* (Bull. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, XIII, n° 2, 1869, p. 97).

2. I. A. Lopatin, *Journal de l'Expédition à Touroukhansk en 1886, publié par* M. N. Mikloukho-Maklaï, r. (Zapiski Soc. Imp. Russe de Géogr., XXVIII, n° 2, 1897, p. 161 et suiv.).

trouvé des Polypiers siluriens et un Orthocère à siphon en spirale; Schmidt signale la présence de sel sur ce cours d'eau.

Les sources de la Khantaïka sont situées à l'Est, dans les Monts Syverma. D'après Middendorff, cette chaîne se dirige du S.S.E. au N.N.W. et vient se terminer au lac Piésino (69° 30′ de lat. N., 88° 20′ de long. E., à l'Est de Doudinskoïé). Les Toungouses l'ont dépeinte à cet explorateur comme étant rocheuse et d'aspect sauvage, et Middendorff a supposé, probablement avec raison, qu'elle se rattache aux montagnes de la Nijniaïa Toungouska. La partie située au voisinage du lac Piésino s'appelle *Monts Noril*, et Fr. Schmidt en a parcouru, de Doudinskoïé, les premiers contreforts. Il les a trouvés de forme tabulaire, avec une altitude à peu près constante de 500 pieds [150 m.], aplatis au sommet, escarpés sur les bords, stratifiés, et couronnés d'une assise de trapp décomposé. De petits fragments de graphite ont également été recueillis. A l'horizon s'étendaient, dans le lointain, des hauteurs présentant un profil analogue[1]. D'après Nordenskjöld, on a trouvé de la houille dans ces parages[2].

Le groupe nombreux des îles Brekhov est formé par les sédiments de la transgression post-glaciaire. Après avoir noté déjà quelques traces de cailloux mésozoïques sur l'Irgak et sur la Khantaïka, Lopatin trouva sur la rive droite du Iénisséi, entre 71° 30′ et 72° de lat. N., des couches horizontales à Inocérames de l'étage volgien. Un peu plus au Nord viennent des collines de mélaphyre qui, près de Krestovskoïé, par 72° 15′, atteignent les berges du fleuve[3]. D'après Bodkin, les îles Korsakov, rocheuses et proches

1. F. Schmidt, *Vorläufige Mittheilungen...* (Bull. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, XIII, n° 2, 1869, p. 120). Ferd. Müller fait remarquer que parmi les galets de la Piasina et de la Boganida rapportés par Middendorff se trouvent aussi des basaltes; il en conclut à une grande extension du manteau de trapp (*Unter Tungusen und Jakuten*, p. 305). Voir aussi K. von Chrustchoff, *Ueber eine Gruppe eigenthümlicher Gesteine vom Taimyr-Lande aus der* Middendorff'*schen Sammlung* (Bull. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, nouv. sér., III (XXXV), n° 3, 1894, p. 421-431).

2. A. E. Nordenskjöld, *Redogörelse för en expedition till mynningen af Jenissej och Sibirien* (Bihang K. Svenska Vet.-Akad. Handl., Stockholm, IV, n° 1, 1877, p. 80).

3. Voir la description des Kaïrskii Gori, au voisinage de la Krestovskoié Simovié, dans le *Journal* de Lopatin, p. 11, 72, etc. Polénov dit que les échantillons rapportés sont du mélaphyre; voir aussi Fr. Schmidt, *Wissenschaftliche Resultate der Jenisseï Expedition* (Mém. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, 7e sér., XVIII, n° 1, 1872, p. 9). — Kjellman, en remontant le Iénisséi vers Doudinskoïé, n'a trouvé que des blocs de basalte et des bancs à coquilles arctiques, de sorte qu'il en a conclu que le sous-sol devait ressembler à celui de l'Islande ou de la partie septentrionale et occidentale du Groenland; Kjellman, dans Nordenskjöld, *Redogörelse*, etc. (Bihang K. Svenska Vet.-Akad. Handl., Stockholm, IV, n° 1, 1877, p. 70). — Pour une description du Iefrémov Kamen, voir Ibid., p. 62.

de la côte, sont formées de trapp [1]. Le Iefrémov Kamen, dans l'Océan Glacial, est aussi une roche éruptive basique. Là, nous sommes dans le voisinage immédiat de Port Dickson, où Törnebohm signale, d'après les échantillons rapportés par Nordenskjöld, des diabases grenues [2].

Ainsi, les diverses roches basiques, sur la rive droite du Iénisséi, arrivent jusqu'à l'Océan Glacial. Nous n'avons pas à nous occuper, pour le moment, des relations qu'elles peuvent avoir avec les roches basiques de la Terre François-Joseph, de la Terre du Roi Charles, etc. Il n'est guère douteux que le grand plateau de la Sibérie Orientale n'atteigne en même temps les rives de l'Océan Glacial. La rive droite du Iénisséi est d'ailleurs souvent, et sur de longs espaces, bordée de rochers, tandis que la rive occidentale a l'aspect d'une toundra s'étendant à perte de vue. Nous avons mentionné la présence de sel gemme sur la Khantaïka; on connaît en outre, sur cette rivière, des fossiles du Silurien inférieur. La Solenaïa, qui naît à l'Ouest du Iénisséi par 68° 30′ environ et tombe dans ce fleuve par 69° 30′, doit son nom à la nature salée de ses eaux. Il n'est guère possible actuellement, d'après les données dont on dispose, de dire si ces gîtes de sel correspondent à ceux des bords de la haute Toungouska, dans le Sud.

Un peu en amont du confluent de la Podkamennaïa Toungouska, le Iénisséi pénètre dans le domaine de l'ancien plateau, où il se maintient ensuite jusqu'à l'Océan Glacial, c'est-à-dire sur douze degrés de latitude. Sur le cours supérieur du Tass, entre 62° et 63°, il existe encore des recherches d'or, ce qui tend à prouver que, dans ces parages, les roches archéennes continuent à régner; mais on doit admettre qu'au Nord, le plateau silurien se prolonge sous la plaine, à l'Ouest du Iénisséi, dans la direction de Ialmal.

8. Ligne de partage entre le Iénisséi et la Léna. — Entre 65° et 67° de lat. N., sur la ligne de partage entre les versants de la Nijniaïa Toungouska et du Vilioui, puis entre ce dernier cours d'eau et le Moniéro ou l'Olenek, il existe de nombreuses buttes tabulaires. Leur altitude se maintient presque toujours, ici encore, aux environs de 2000 pieds [600 m.], et Czekanowski a vu dans

1. Voir la nouvelle carte, notablement modifiée, des bouches de l'Ob et du Iénisséi, par A. I. Vilkitsky (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXII, 1896, p. 170).

2. A. E. Törnebohm, *Under Vega-Expeditionen insamlade Bergarter, petrografisk Beskrifning* (in A. E. Nordenskiöld, *Vega-Expeditionens Vetenskapliga Iakttagelser*, in-8°, IV, Stockholm, 1887 p. 115).

cette remarquable coïncidence de hauteur avec les buttes analogues du bassin de la Nijniaïa Toungouska une preuve de leur contemporanéité. Elles sont formées d'une couverture de roches éruptives basiques, surmontant des couches siluriennes horizontales. Celles-ci sont rouges et renferment des intercalations d'argile, parfois aussi du gypse, exactement comme dans la haute vallée de la Nijniaïa Toungouska, à 8 ou 9 degrés de latitude plus au Sud.

Czekanowski, en venant du Sud, rencontra d'abord la butte escarpée d'*Anaon* (622 m., au Nord de 65° de lat. N.), au Sud du lac Siourougna. Jusque-là, depuis la Nijniaïa Toungouska, il était resté sur le trapp, le Silurien, au-dessous, n'étant visible que rarement[1]. A l'Anaon se rattachent vers l'W. et le N.N.W. les monts tabulaires de *Yang-bour*, qui entourent les sources du Moniéro. A l'Est de ces tables et du lac Yakogna s'étalent des couches rouges siluriennes, et au Sud du cours supérieur de l'Olenek se trouve le plateau allongé de *Lioutcha-Ongoktom*. Dans le prolongement vers l'Est de cette plate-forme et de la crête *Kemnatik*, entre les affluents de l'Olenek et ceux du Vilioui, Maak a franchi le *Toungous Yangy* ou « Mont des Toungouses », où les épanchements basiques sont découpés en pics et en aiguilles au profil fantastique; les Toungouses y voient les restes pétrifiés de leurs ancêtres géants[2].

C'est à l'ensemble de ces tables que Maak a donné le nom de *Monts du Vilioui*. Elles paraissent toutes avoir la même constitution. Au sommet se trouve la couverture basique, et à la base, de même que dans les plaines adjacentes, le terrain silurien, et notamment la partie supérieure de ce système.

Vers le 104e méridien, les roches basiques de cette région doivent venir se rattacher aux roches analogues qui, d'après les observations de M. de Toll, séparent les vallées de la Khatanga et de l'Anabara; elles atteindraient près de la limite de la zone des forêts, c'est-à-dire vers 71° de lat. N., les transgressions mésozoïques du Nord[3].

Des couches cambriennes et siluriennes inférieures bordent aussi l'Olenek. Parmi les échantillons rapportés par Czekanowski,

1. Czekanowski, *Journal*, p. 129 et suiv.

2. R. Maak, *Le cercle de Viliouisk de la province de Iakoutsk* (r.), in-4°, II, St-Pétersbourg, 1886, cartes, p. 124. La roche de la couverture est indiquée par Polénov comme étant une diabase à olivine, et attribuée à l'époque permienne ou triasique (Ibid., p. 347).

3. Baron E. Toll, *Expédition aux Iles de la Nouvelle-Sibérie et aux rives de l'Océan Polaire*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXX, 1894, p. 446).

Toll a reconnu le *Bathyuriscus Howelli* Walcott, espèce du Cambrien moyen, provenant d'une localité située au Nord du 68° de lat. N. ; et un fragment isolé, recueilli par 70° 30′, a permis à Fr. Schmidt d'annoncer la présence du genre *Agnostus*. Encore sur la Tolobka (71° 30′), Czekanowski a retrouvé les roches basiques [1]. Il n'est pas douteux que ces laves, de même que les couches rouges non dérangées du Silurien inférieur, n'arrivent tout près des grès à Inocérames qui jalonnent le bord externe de la chaîne de Verkhoïansk [2].

9. Léna et Vilioui. — Jusqu'au confluent du *Vilioui* et de la *Tchona* (111° 30′ de long E.), ces deux cours d'eau sont constamment encaissés dans les roches éruptives basiques. A 10 verstes environ en amont de ce confluent, sur la Tchona, se trouve une colline, le *Toï Khaïa*, qui est regardée par Pawlowski et Maydell comme un volcan éteint. Elle consiste en deux sommets peu élevés de basalte ou de trapp, reposant sur une base de grès percé de filons; on distingue nettement les coulées successives de lave foncée, vacuolaire, qui partent de cette colline. Parfois aussi apparaît du calcaire modifié, ailleurs de la houille associée à des empreintes de plantes [3].

Le bassin supérieur du Vilioui présente aussi des traces analogues. Au Sud des buttes tabulaires de la ligne de partage, sur le Velioukan II et III (vers 66° de lat. N. et 108° de long. E.), Maak a trouvé des sommets coniques, et il se croyait transporté au voisinage d'un grand foyer d'éruptions volcaniques [4].

Plus à l'Est, on atteint la limite des roches basiques. En rapprochant les observations de Maak et de Pawlowski, on obtient à peu près le tableau suivant :

Sur l'Olenek, les roches éruptives affleurent bien encore au confluent du Tyraktakh (67° 40′ de lat. N., 111° de long. E.), mais à partir de ce point jusqu'au voisinage du Tass (66° de lat. N. et 115° 30′ de long. E.), dans la direction du S. E., on ne voit plus que du Silurien en couches horizontales. Là, on retrouve des diabases, mais, vers le Sud, on ne tarde pas à rentrer dans le Silurien.

1. Czekanowski, *Journal*, p. 164. Cet auteur signale sur l'Olenek quelques plis « au milieu de couches horizontales » (p. 156, 160 et suiv.). Peut-être ne s'agit-il là que d'accidents tout à fait locaux.

2. Czekanowski, *Journal*, p. 253, 263.

3. R. Maak, *Le cercle de Viliouisk*, II, p. 45; Pawlowski, Izviestiia Section Sibérie Orientale Soc. Imp. Russe de Géogr., IV, 1873, p. 39.

4. R. Maak, *Le cercle de Viliouisk*, II, p. 130.

La Khaïnga et la Markha courent entre d'imposantes montagnes tabulaires de Silurien, et c'est seulement sur la ligne de partage entre la Markha et l'Ygetta (63° 45′ de lat. N., 116° de long E.) que recommence le domaine des roches basiques[1].

Cette importante limite passe, d'une façon générale, à l'Ouest du 116° de long. E., de sorte qu'à l'Est, du côté de la Léna, il reste une région encore assez large du plateau qui n'est pas recouverte par ces roches basiques.

On observe cette ligne de démarcation dans la vallée même du Vilioui. Au confluent de la Petite Botoubouïa (affluent de droite, 113° 30′ de long. E.) se montrent des couches cambriennes[2]; en aval du coude du Vilioui, situé par 116° 30′ de long. E., affleurent ensuite les couches rouges du Silurien inférieur, qui prennent un grand développement, accompagnées de gîtes de sel gemme et de gypse. Sur les bords du Djéli sont situés les gisements extrêmes, dont nous avons déjà parlé, des transgressions mésozoïques du Nord, avec *Belemnites* et *Tancredia* (par 66° de lat. N. environ). Un peu en aval, sur un affluent, la Kiampendsiaïa, se trouvent les importantes sources de sel des Toungouses. Au débouché de cet affluent apparaissent des lignites[3].

Les roches éruptives de l'Ygetta sont désignées par Polénov sous le nom de dolérite à plagioclase. Elles recouvrent des argiles blanches. C'est en aval du confluent de l'Ygetta que se termine la région éruptive. Dans la direction de Viliouïsk s'étendent des limons contenant des restes de Mammouth.

Plus à l'Est encore, au voisinage de la Léna, se montrent des couches à empreintes végétales de la série de l'Angara; Czekanowski les a vues sur le Nachim, affluent de gauche de la Léna (66° 15′), et plus au Nord; Maak en a constaté la présence à l'île Sokho Khaïa, dans la région des bouches du Viliouï. Ceci correspond à la zone qui borde l'arc de Verkhoïansk.

Il est remarquable que la vallée profondément encaissée de la Léna ne mette nulle part à découvert de terrains précambriens, autant qu'on peut l'affirmer d'après les connaissances actuelles, et sauf l'exception déjà signalée de Djédaïsk, et qu'elle ne soit jamais atteinte non plus par les nappes basiques.

1. R. Maak, *Le cercle de Viliouisk*, II, p. 108, et ailleurs; Pawlowski, *in* Maak, p. 89, 98, et ailleurs.

2. Fr. Schmidt, *Ueber einige neue ostsibirische Trilobiten* (Bull. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, XXX, 1886, p. 501); E. von Toll, *Beiträge zur Kenntniss des sibirischen Cambrium, I* (Mém. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, 8e sér,, VIII, n° 10, 1899, p. 32).

3. R. Maak, *Le cercle de Viliouisk*, II, p. 319 et suiv., 335, et ailleurs.

Obroutchev a publié quelques observations sur l'allure des couches dans la haute vallée de la Léna, jusqu'au delà du 59° de lat. N. Déjà, dans la partie tout à fait supérieure de son cours, la plus voisine du Lac Baïkal, le fleuve est encaissé dans la plate-forme paléozoïque. L'altitude du pays est ici de 650 à 700 mètres; sous le parallèle de 58°, elle descend à 450-500 mètres, et au delà le fleuve abaisse le fond du sillon qu'il a creusé dans cette plate-forme jusqu'à une profondeur de 300 mètres. Des accidents troublant l'allure tranquille des couches sont parfois visibles; vers Kirensk (58°), leur direction est N.E., et il est possible qu'on doive les attribuer aux plis marginaux de l'amphithéâtre. Là, le Silurien inférieur, toujours caractérisé par sa teinte rouge, prend une grande extension[1].

Un peu en amont de Kirensk, à Krivoloutsk, on connaît une faune silurienne inférieure. Mais bientôt apparaissent sous les couches rouges des calcaires oolithiques dont l'aspect est assez spécial, et que Toll considère comme caractéristiques de l'époque cambrienne. L'allure, partout à la ronde, est tranquille, mais on n'a trouvé d'autres fossiles que beaucoup plus bas, dans plusieurs localités situées en aval d'Olekminsk. Parmi les formes recueillies se trouvent des représentants des genres *Ptychoparia*, *Microdiscus*, *Agnostus* et *Kutorgina*. Toll assimile ce niveau à la zone à *Olenellus*, c'est-à-dire au Cambrien inférieur. D'après Czekanowski, ces couches continuent à régner, presque horizontales, sur tout l'espace qui s'étend jusqu'à Tabaginskaïa, à 30 verstes en amont de Iakoutsk. Bientôt après, la Léna pénètre dans les couches à empreintes végétales de la série de l'Angara[2].

10. Résumé. — Le phénomène tectonique le plus remarquable de la région dont nous venons de parler correspond aux plis marginaux de l'amphithéâtre d'Irkoutsk. Nous en avons vu les traces au fond du sillon de la Léna; ils sont particulièrement bien caractérisés sur le bord occidental du Primorskii Khrébet et au Sud d'Irkoutsk, de même qu'au Sud de Nijné-Oudinsk; interrompus ensuite, dans des conditions assez spéciales, du côté de Krasnoïarsk, comme on le fera bientôt voir en détail, ils reparaissent

1. W. Obrutschew, *Die altpalaeozoischen klastischen Gesteine des Lenathales zwischen Katschug und Witimsk in Ost-Sibirien*, r. a.; in-8°, 212 p., carte, 2 pl., Irkoutsk, 1892 (Zapiski Section Sibérie Orientale Soc. Imp. Russe de Géogr., II, n° 1).

2. E. von Toll, *Ueber die Verbreitung des Untersilur und Cambrium in Sibirien* (Neues Jahrb. f. Min., 1895, II, p. 161, 162); *Beiträge zur Kenntniss des sibirischen Cambrium, I*, 1899, p. 21 et suiv.

plus à l'Ouest, partout où l'on connaît avec quelque précision le bord interne, vers les confluents de l'Angara, de la Podkamennaïa Toungouska et de la Nijniaïa Toungouska. L'intensité du plissement diminue en s'avançant vers le centre. Plus à l'intérieur, nous avons signalé dans la série de l'Angara, au Nord de Nijné-Oudinsk, des ondulations en fer à cheval, peu accusées mais concentriques aux plis marginaux. Ces plis marginaux se distinguent des plis des chaînes de montagnes par cette circonstance qu'ils ne sont pas accompagnés d'une bande parallèle de roches plus anciennes, d'âge archéen, tandis qu'ils suivent le bord d'un massif primitif fort large.

Contrairement à ce qui a lieu pour les hautes chaînes du Sud, le mouvement n'est pas dirigé vers le Sud, mais vers le Nord, ou plutôt vers l'intérieur, et l'on a l'impression que l'amphithéâtre a dû se rétrécir après coup.

Sur certains points, des culots de granite récent se montrent en dedans de ces plis marginaux; le plus saillant est celui de la Krouglaïa, près de Nijné-Oudinsk.

A la rigueur, on ne devrait parler de plateau qu'en dehors des plis marginaux et des plis de la série de l'Angara; mais il n'existe pas de limite tranchée.

Les collines archéennes qui s'étendent à l'Est du Iénisséi, entre le cours inférieur de l'Angara et celui de la Podkamennaïa Toungouska, ne forment pas de ligne de faîte importante, mais elles font partie du bord occidental du plateau et de la limite naturelle entre le plateau, à l'Est, et la plaine récente, à l'Ouest.

Le plateau est constitué surtout par des couches horizontales, correspondant à la période comprise entre la zone à *Olenellus* (Cambrien inférieur) et le Silurien supérieur; les couches rouges, salifères, du Silurien inférieur y jouent un rôle important [1]. Dans l'extrême Sud-Ouest, le terrain dévonien s'ajoute à cette série. En fait de terrains plus récents, on ne trouve au Sud que des couches à empreintes végétales de divers âges, tandis qu'au Nord apparaissent les transgressions marines arctiques.

La plate-forme paléozoïque s'étend du Sud du Lac Baïkal jusqu'à l'Océan Glacial et du Iénisséi à la Léna. Il est probable, comme on

1. L'existence du Dévonien au centre de la région ne pourrait s'appuyer que sur deux échantillons mal conservés recueillis par Czekanowski à Padoun, sur l'Angara, dans des grès rouges, et où Fr. Schmidt a cru voir des fragments d'*Eurypterus*. Mais Schmidt a lui-même indiqué cette détermination comme douteuse, à cause du mauvais état de conservation de ces fossiles; Schmidt, *in* Maak, *Le cercle de Viliouisk*, II, p. 365, 366.

le verra bientôt, qu'elle s'étale en outre plus à l'Est, au delà de la Léna, dans le bassin de l'Aldan. A l'Ouest, les confluents de la Podkamennaïa Toungouska et de la Nijniaïa Toungouska appartiennent encore à la région des plis marginaux.

Au Nord-Ouest, la limite vers le bassin inférieur de l'Ob et la presqu'île de Ialmal demeure indécise.

La moitié occidentale de cette plate-forme est recouverte sur un grand nombre de points par des roches éruptives basiques. Leurs premières ramifications au Nord, sur le Iénisséi, se prolongent jusqu'à la Mer Glaciale près de Port Dickson, et elles atteignent aussi le cours inférieur de l'Olenek. A l'Est, elles s'étendent dans le bassin du Vilioui jusqu'au méridien de 116°; à l'Ouest, elles ne paraissent pas franchir le Iénisséi. Nulle part la Léna n'est atteinte. Ces roches basiques sont tantôt des diabases à olivine, tantôt des basaltes à plagioclase, tantôt, surtout dans les filons, elles ont l'apparence de gabbros, et leur diversité est d'ailleurs très grande. La sortie de l'épanchement principal a été accompagnée, dans presque tout le bassin de la Nijniaïa Toungouska, de 60°15′ de lat. N. jusqu'au confluent de cette rivière, d'un décollement des couches encaissantes; le phénomène affecte aussi bien les terrains paléozoïques que certaines assises à empreintes végétales, et on peut l'assimiler à l'intumescence résultant d'une série d'intrusions stratiformes. Au surplus, les vraies coulées ne manquent pas, et peut-être y a-t-il aussi des traces de volcans, c'est-à-dire de bouches d'éruption nettement circonscrites. Mais il est possible que ces bouches d'éruption, de même qu'une bonne partie des coulées, aient une origine plus récente.

Le début de l'émission de ces masses basiques ne peut pas être postérieur à l'époque où vivait la flore dont les vestiges, au coude de l'Angara, recouvrent des poudingues qui renferment déjà des cailloux basiques. Cette flore terrestre est absolument semblable à celle des lambeaux transformés en graphite qui, sur la Nijniaïa Toungouska, sont comme enveloppés dans les roches basiques. Elle est de même, ainsi que l'a reconnu depuis longtemps Schmalhausen, identique à celle du bassin houiller de Kouznetsk, dans l'Altaï.

Cette première flore de la série de l'Angara, la *flore toungouse*, est caractérisée par un mélange particulier de types anciens, comme les *Lepidodendron*, et de formes plus récentes, considérées jusqu'à présent comme exclusivement mésozoïques, — association qu'on retrouve dans la vallée de la Petchora et dans certains horizons

du Gondwana inférieur, de même que dans la flore de Bajo de Velis dans la République Argentine. Nous l'attribuerons provisoirement, conformément aux conclusions de Zeiller, à l'époque permienne [1].

D'après cela, il est probable que les couches à empreintes végétales d'Oust-Baléi et de toute la lisière de l'amphithéâtre aux environs d'Irkoutsk appartiennent à des divisions plus récentes de cette série, de même que celles qui bordent l'arc de Verkhoïansk, sur le cours inférieur de la Léna.

En tenant compte des plantes et des reptiles permiens récemment découverts dans le Nord de la Russie par Amalitzky, il est désormais permis de supposer que, malgré la présence de la Téthys dans l'intervalle, l'évolution de la vie organique sur le continent de Gondwana au Sud et sur le continent de l'Angara au Nord a suivi une marche tout à fait parallèle.

Il résulte en même temps de tout ce qu'on vient de lire que la Sibérie Orientale diffère à beaucoup d'égards de la Sibérie Occidentale. Ce contraste réside surtout dans l'absence, à l'Ouest, des roches éruptives basiques et dans la généralité du recouvrement par les dépôts récents.

Les transgressions marines, qui pénètrent par le détroit de Tourgaï, sont étrangères à l'Est. D'abord apparaît dans ce détroit la Craie supérieure d'Europe, mais elle semble n'avoir recouvert qu'une faible partie du Sud-Ouest. Puis viennent, par la même voie, les transgressions marines de l'Éocène supérieur et de l'Oligocène, et un bras de mer, en suivant le bord oriental de l'Oural, atteint l'emplacement actuel de l'Océan Arctique. A l'époque des forêts de l'ambre, le détroit de Tourgaï se ferme, et à partir de ce moment aucune mer ne pénètre en Sibérie par cette « porte ».

Les transgressions de la zone arctique correspondent à d'autres divisions de l'ère mésozoïque; on ne constate de transgression tertiaire qu'à l'époque oligocène, et ce n'est alors qu'un prolongement de celle de Tourgaï; par contre, un terme nouveau vient s'y ajouter, la transgression toute récente de la Mer Glaciale.

Au point de vue des transgressions, le contraste n'est pas tant entre la Sibérie Occidentale et la Sibérie Orientale qu'entre Tourgaï et le Nord.

1. R. Zeiller, *Remarques sur la flore fossile de l'Altaï* (Bull Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XXIV, 1896, p. 466-487); en particulier p. 471-482) : *Examen de la flore de l'Altaï et de la Toungouska inférieure* [et *Nouvelles observations sur la flore fossile du bassin de Kousnetzk* (C. R. Acad. Sc., CXXXIV, 1902, p. 887-891)]. Il est assez singulier que Polénov, en s'appuyant uniquement sur la nature des roches basiques, les ait attribuées à l'époque permienne ou au Trias (comp. Maak, *Le cercle de Viliouisk*, Appendice au t. II).

Ces diverses circonstances donnent à l'hydrographie du Nord de la Sibérie certains caractères spéciaux. Toutes les eaux s'écoulent vers le Nord; d'ailleurs, le plateau de l'Est et la plaine de l'Ouest ne sont pas seuls à contribuer à l'énorme apport d'eau douce que reçoit la Mer Glaciale, car une notable partie des précipitations tombées sur les hautes montagnes du Sud gagne, par le Iénisséi, les embouchures arctiques.

En ce qui concerne les trois artères principales, l'Ob, le Iénisséi et la Léna, on constate les différences suivantes :

La plaine occidentale, recouverte de dépôts récents, forme, si l'on fait abstraction des rivières sans importance du Nord-Est des toundras arctiques, un seul grand domaine fluvial, dont les eaux réunies s'écoulent à la mer par l'Ob. A l'Est, le centre du plateau joue au contraire le rôle d'une ligne de partage, et sa surface est drainée soit directement à la mer, soit par l'Est et par l'Ouest, ce qui donne au Iénisséi et à la Léna, par rapport au plateau, le caractère de fleuves de bordure.

Les grandes plaines de l'Amérique du Nord sont remplies par des dépôts crétacés, qui se sont étendus sur la dépression en venant du Sud. Plus tard, l'aire d'extension des sédiments tertiaires au Nord du Golfe du Mexique s'est réduite régulièrement autour du même point du Sud, et en ce même point du Sud d'où étaient parties les transgressions se trouvent aujourd'hui les bouches du Mississipi (I, p. 367, fig. 62). Une certaine continuité des phénomènes est donc manifeste, et le delta nous apparaît comme un prolongement des formations antérieures.

Le Sahara présente une disposition semblable. Quoique les bouches du Nil occupent un emplacement tout à fait excentrique, on constate néanmoins que leur site est déterminé d'avance par le rétrécissement progressif des courbes qui limitent l'extension des terrains crétacés et tertiaires (I, p. 459, fig. 68).

Aucun des grands fleuves sibériens n'affecte une allure analogue. Les transgressions arctiques s'étalent sur toute la largeur des côtes du Nord de l'Asie.

L'Ob, qui ressemble le plus au Mississipi ou au Nil, présente par un contraste marqué vis-à-vis de ces cours d'eau des transgressions non seulement vers son embouchure, mais aussi vers la tête de son système hydrographique. Au Sud, ces transgressions ont utilisé le détroit de Tourgaï en suivant la pente que draine actuellement le Tobol.

Le Iénisséi est un fleuve de montagnes, constitué par des tron-

çons dont l'origine est différente. Sous les noms de Khoua-Khem et d'Oulou-Khem, il suit d'abord la vallée longitudinale qui borde au Nord le Tannou-Ola; puis il coupe le Saïan Occidental et atteint par une suite de tronçons transversaux Krasnoïarsk et le confluent de l'Angara, qui lui apporte les eaux du Khangaï; après avoir longé le pied occidental de la bande archéenne, il pénètre enfin dans la partie nord-ouest du plateau paléozoïque, dont il reçoit les artères occidentales jusqu'à Touroukhansk.

Les artères orientales vont à la Léna. Ce fleuve coule dans une simple vallée d'érosion, dont l'origine remonte probablement à une époque très reculée. C'est seulement dans sa partie inférieure qu'elle est maintenue par les plissements du Khara-Oulakh, et qu'elle est déviée en même temps que l'Olenek. Elle possède à un degré très marqué les caractères d'un fleuve de bordure; mais nous verrons plus loin que le bassin de l'Aldan semble représenter, au delà de la Léna, un prolongement du plateau.

CHAPITRE III

LE FAITE PRIMITIF

1. Introduction. — 2. Patomské Nagorié. — 3. Vitim et Transbaïkalie. — 4. Le Lac Baïkal. — 5. Bordure occidentale du Baïkal. — 6. Montagnes situées au Sud du Baïkal. — 7. Saïan Oriental. — 8. Le horst du Iénisséi. — 9. Résumé. — 10. Minoussinsk et Saïan Occidental. — 11. Tannou-Ola. — 12. Khangaï. — 13. La Vallée des Lacs. — 14. Altaï Mongol. — 15. Gobi Oriental. — 16. Conclusion.

1. Introduction. — La vaste région qui doit être étudiée dans ce chapitre forme, par sa situation et sa structure, *le faîte*[1] *le plus ancien des plis de l'Eurasie.* A l'Ouest, sa limite coïncide avec le Iénisséi, en aval de Krasnoïarsk ; à l'Est, elle est bornée aux environs de 120° de long. E. par le prolongement, orienté N.N.W., du Grand Khingan, dont le bord occidental est recoupé par l'Argoun près de Nertchinskii Zavod et, plus au Nord, par la basse Chilka. Dans l'amphithéâtre d'Irkoutsk, les plis marginaux du plateau paléozoïque servent de cortège au faîte.

Les terrains et les plissements du faîte sont d'âge très ancien. Du granite, qui très souvent se charge de hornblende, du gneiss et du gneiss amphibolique, puis, à certains endroits, une série regardée comme discordante de micaschistes, de chloritoschistes, de quartzites anciens et de calcaires cristallins contenant des paillettes de graphite forment la plus grande partie de ses longues croupes et de ses hauts « goltzi ». A ces roches viennent s'ajouter des granites plus récents, des diabases, des porphyres, des porphyrites, enfin des laves basiques de date en partie moderne. Dans les vallées se trouvent çà et là des dépôts tertiaires d'eau douce avec lignites.

Les plis qui constituent le faîte sont sans doute antérieurs aux

[1. En allemand *Scheitel* : litt. raie, sommet, vertex.]

sédiments cambriens de la Léna. Sur la fracture qui s'étend à l'Ouest du Lac Baïkal (*b*, *b*, fig. 3), ces plis se montrent parfois perpendiculaires à cet accident et à la direction des plis marginaux. Il est douteux que les parties internes du faîte aient jamais été recouvertes par les mers paléozoïques, bien que quelques lambeaux, disséminés sur de grandes surfaces, et formés surtout de schistes et de quartzites, soient signalés comme indices d'une submersion de ce genre. C'est en vain que l'on chercherait, ici, les dépôts marins si variés, fossilifères, qui caractérisent d'autres régions montagneuses; mais vers la périphérie, sur le bord externe, notamment au Sud-Est et au Sud, il se produit comme une fusion avec des faisceaux de plis plus récents, et l'on trouve des fossiles dévoniens. La fracture marginale de l'amphithéâtre est d'âge très ancien.

Dès 1855, Meglitzky a publié une petite carte du Baïkal où l'on voit le lac, sur de grandes distances, couper en biais la direction des terrains de ses montagnes bordières[1]. Czekanowski, Kropotkin, et surtout l'infatigable et ingénieux Tchersky ont ensuite fait notablement progresser la connaissance des montagnes qui entourent le Baïkal; avec les travaux préliminaires à l'établissement du Chemin de fer de Sibérie s'est enfin ouverte une époque nouvelle, au point de vue de l'étude géologique de ces régions.

Tchersky savait déjà qu'à l'Ouest du Baïkal il existe une bande étroite de montagnes qui représentent le prolongement du massif de la Transbaïkalie. En outre, son coup d'œil synthétique lui avait appris que les plissements des terrains anciens, à l'Est et à l'Ouest du Baïkal, affectent des directions opposées et convergeant vers le Sud. Il désigna la direction N.E. ou E.N.E., qui règne à l'Est du lac, sous le nom de *direction du Baïkal*, et celle que l'on observe à l'Ouest, qui est N.W. ou W.N.W., sous le nom de *direction du Saïan*[2].

A l'Ouest aussi bien qu'à l'Est, cette double direction des plis

1. N. Meglitzky, *Geognostische Skizzen von Ost-Sibirien. I. Der Baïcal und seine Umgebungen* (Verhandl. Russisch-k. Mineralog. Ges., Jahrgang 1855-1856, p. 109-171, carte).

2. I. D. Tchersky, *Sur la tectonique des montagnes de la Sibérie Orientale, considérées comme faisant partie de la bordure nord-ouest de l'Asie Centrale*, r. (Trav. Soc. des Naturalistes St.-Pétersbourg, XVII, n° 2, 1886, Procès-verb., p. 52-58); *Compte rendu des recherches géologiques sur les rives du Lac Baïkal, 1re partie*, r. (Zapiski Section Sibérie Orientale Soc. Imp. Russe de Géogr., XII, 1886, XXIX-405 p., 5 pl.); *Étude géologique de la grande route postale de Sibérie entre le Lac Baïkal et le versant oriental de l'Oural*, r. (Mém. russes Acad. Sc. St.-Pétersbourg, LIX, Annexe 2, 1888, p. 1-145, carte); *Résultats des recherches sur le Lac Baïkal*, r. [(Zapiski Soc. Imp. Russe de Géogr., XV, n° 3, 1886, p. 1-48; réimpr.] Matériaux pour la Géol. de la Russie, XIII, 1889, p. 1-48; avec carte géol. du Baïkal en 2 feuilles).

précambriens paraît se refléter dans l'allure actuelle d'un grand nombre de vallées et dans la configuration de la surface du sol. Néanmoins, un examen plus attentif montre que l'état de choses actuel est le résultat de phénomènes tout différents.

A une grande distance vers l'Ouest, dans le bassin du haut Irtych (Irtych Noir), Bogdanovitch, il y a longtemps déjà, était arrivé à l'idée que les affaissements et les failles linéaires jouent dans la structure des montagnes asiatiques un rôle bien plus important qu'on ne l'admettait jusqu'alors. En Mongolie, dans la « Vallée des Lacs », Klémentz se voyait conduit à la même opinion. Mais c'est surtout à Obroutchev que revient le mérite d'avoir montré que toute la contrée montagneuse de la Transbaïkalie est traversée par de longues fractures, aboutissant parfois à la production de fosses d'affaissement très continues, et donnant à un grand nombre des crêtes qui sillonnent le pays le caractère d'autant de horsts[1].

Ces longs alignements coïncident parfois sur une distance notable avec la direction des plis; ailleurs, ils la recoupent, mais dans l'ensemble, comme on l'a déjà vu, ils déterminent une configuration topographique qui rappelle l'allure des anciens plis. Un défaut de parallélisme ne suffirait pas pour démontrer qu'il existe des failles, car, dans une chaîne remontant à une antiquité aussi reculée, l'érosion peut subir des influences multiples. C'est ce que montrent les vallées transversales creusées dans la Transbaïkalie; et de fait, à l'Ouest du Baïkal, dans les Alpes de Tounkinsk et du Kitoï, nous verrons que des circonstances particulières ont eu pour résultat de rendre le tracé des sillons fluviaux indépendant de la structure des montagnes.

Ce qui est beaucoup plus probant, c'est le fait que les alignements en question sont souvent jalonnés par des traînées de roches éruptives, telles que des porphyres et des porphyrites, associés à des tufs et à des brèches, des mélaphyres, des basaltes, quelquefois aussi des trachytes et des rhyolites.

Enfin, l'on voit dans les parties de la région montagneuse qui précisément sont les mieux connues, en particulier sur la basse Sélenga, des fosses incontestables. Nos confrères russes ont introduit dans la science, pour désigner ces accidents, le terme fort expressif de *dislocation disjonctive*. De fait, il n'est pas possible

1. Voir en particulier W. Obroutschew, *Recherches géologiques dans la Transbaïkalie en 1896*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, X, 1898, p. 43), et *Recherches géologiques dans la Transbaïkalie sud-occidentale en 1897*, r. f. (Ibid., XVIII, 1899, p. 25), etc.

de s'expliquer la formation de toute une série de cassures et de fosses plus ou moins parallèles entre elles, et dont l'allure correspond néanmoins sur de grandes distances à la direction des anciens plis, sans une certaine tension, se faisant sentir à peu près dans le même sens que le plissement primitif. Cette tension peut se traduire par une disjonction, c'est-à-dire par des fentes, de même que par l'affaissement de bandes de terrain allongées entre ces cassures. Des roches éruptives de différents âges jalonnent alors les fentes. Dans les chaînes de plissement plus récentes, qui ont été fortement comprimées, comme l'Himalaya ou les Alpes, on ne connaît pas de disjonction analogue.

2. Patomske Nagorié. — Le long des failles et des flexures qui entourent le bord interne de l'amphithéâtre d'Irkoutsk, une portion très considérable de la moitié occidentale du faîte s'est affaissée, et l'on ne voit à sa place que le plateau paléozoïque de la Léna, de l'Angara et de l'Oka. A l'Est, au contraire, en Transbaïkalie, et au Sud du Baïkal, les traits de sa structure se manifestent clairement, et c'est par là que nous en commencerons l'examen.

Nous savons que le plateau cambrien est visible dans le lit de la Léna jusqu'au voisinage de Iakoutsk. Près de Iakoutsk, le grès rouge, qui forme là également le terme supérieur de la série paléozoïque, est encore recouvert de couches à empreintes végétales, appartenant soit à la série de l'Angara, soit au groupe tertiaire.

Middendorff, au cours de son pénible voyage de Iakoutsk à Oudskii Ostrog, trouva dans le bassin de la rivière Aldan des grès horizontaux, avec conglomérats et petits lits de houille, qui s'étendent jusqu'au Petit Aïm, affluent de gauche de la Maïa (par environ 58° de lat. N.). Au-dessous se montrent, au fond des gorges, des bancs non dérangés de calcaire ou de dolomie que Middendorff assimile aux couches du lit de la Léna. C'est seulement au delà de ce point, à plus de quatre degrés de latitude au Sud de Iakoutsk, que se dresse la chaîne déboisée du *Köch-Kat*, dont les cimes arrondies de diorite et de granite paraissent être elles-mêmes couronnées de grès rouge. Au delà du Köch-Kat, on retrouve les calcaires en bancs horizontaux, puis les grès, et ces terrains, à partir de l'Outchour, s'étendent tout le long de l'Ouïan jusqu'au pied occidental de la chaîne rocheuse de l'Aldan[1].

1. A. Th. v. Middendorff, *Reise in den äussersten Norden und Osten Sibiriens während der Jahre 1843 und 1844.* In-4°, St.-Petersburg; I, Theil 1, 1848, p. 216; IV, Theil 1, 1867, p. 230, 327; Atlas, pl. X-XII.

Meglitzky a remonté la rivière Maïa et atteint le pied occidental des Monts Aldan en un point situé à environ 230 verstes au Nord de la route suivie par Middendorff. Il n'a observé, lui aussi, que des couches horizontales : à la base, un calcaire en plaquettes, et au-dessus un grès, avec quelques empreintes de plantes. Nelkan est encore sur le grès. Le sol s'élève, il est vrai, à partir de la Léna, dans la direction du cours supérieur de l'Aldan, mais ce relèvement n'est pas considérable; et quand les terrains sédimentaires, dont l'allure est tranquille, viennent s'adosser aux premiers contreforts rocheux des Monts Aldan, l'altitude uniforme de leur surface tabulaire indique nettement, en dépit des profondes entailles fluviales qui les découpent, la limite vers les roches anciennes de cette chaîne[1].

Le contraste des paysages qui se déroulent des deux côtés des Monts Aldan a été également décrit par Bogdanovitch. Ce voyageur a traversé la chaîne, au prix de grandes fatigues, en venant d'Oudskii Ostrog, au Sud-Est, le long de la rivière Némérikan. D'une hauteur de 4 000 pieds [1 200 m.], le regard embrasse, du côté de la mer, de longues chaînes de montagnes parallèles, tandis que vers l'intérieur, des forêts vierges s'étendent à perte de vue sur des versants inclinés en pente douce, où les cours d'eau s'encaissent dans des gorges profondes[2].

Si maintenant nous prenons Iakoutsk comme centre, en remontant la Léna jusque vers Olekminsk, sur une distance de 500 verstes environ, puis en suivant l'itinéraire de Middendorff jusqu'à l'Outchour supérieur sur 700 verstes à peu près et celui de Meglitzky vers Nelkan sur plus de 600 verstes, nous ne trouverons partout, à l'exception de la croupe isolée du Köch-Kat, formée de roches anciennes, que des terrains horizontaux. Le bassin de l'Aldan se présente donc, avec une grande probabilité, comme une extension vers l'Est du grand plateau de la Sibérie Orientale, s'avançant

1. N. G. Meglitzky, *Relation de l'Expédition dans la Province de Iakoutsk en 1851 rédigée d'après les manuscrits, les journaux et les collections de —, par* M. P. Melnikov (Gornyi Journal, 1893, p. 111-159 et 309-337, r.). Le chef de cette expédition était le général Agté. Meglitzky termina son rapport en 1853 et mourut de fatigue à Weimar en 1857, âgé seulement de 32 ans; ce rapport n'a été publié que longtemps après sa mort, mais, à ma connaissance, il n'a pas encore été remplacé par des travaux plus récents.

2. Bogdanovitch, *Renseignements sur les travaux de l'Expédition minière aux rives de la Mer d'Okhotsk et au Kamtchatka*, r. (communiqués par L. A. Iatchevsky); extr. des Izvestiia de la Soc. des Ingénieurs des Mines, St.-Pétersbourg, séance du 9 décembre 1896, p. 5 et suiv. Le point du Djougdjour dont Bogdanovitch a fait l'ascension ne paraît pas être très éloigné du col franchi par Meglitzky. Ce dernier a traversé également les montagnes en partant d'Aïan.

entre l'arc de Verkhoïansk et la bordure septentrionale, peu connue d'ailleurs, du massif montagneux de la Transbaïkalie, et séparée de la mer, du côté de l'Est, par les Monts Aldan.

Pour aborder la lisière septentrionale de la Transbaïkalie, dirigeons-nous plus à l'Ouest. En aval du confluent du Vitim, la Léna décrit un coude qui lui fait franchir le 60e degré puis la ramène au-dessous de cette latitude. Ce coude est déterminé par une saillie de roches archéennes, affleurant à l'intérieur. La structure de cette contrée a été très bien décrite, il y a longtemps déjà, par P. Kropotkin [1].

La vallée de la Léna est parfois encaissée, dans ces parages, jusqu'à près de 1 000 pieds de profondeur, et les falaises riveraines sont particulièrement abruptes. A une grande hauteur au-dessus du fleuve se trouve un plateau de grès rouge (Silurien inférieur), dont l'altitude moyenne n'atteint pas 1 400 pieds [425 m.]; cette altitude correspond à celle à laquelle on observe bien loin de là, entre Atchinsk et Krasnoïarsk, dans les montagnes de Koutchoug, le même grès rouge horizontal. Au-dessous du grès vient le calcaire cambrien. Le coude de la Léna est précisément déterminé par le bord du plateau.

Si l'on s'éloigne de la Léna dans la direction du Sud-Est, en partant d'un point situé à environ 50 verstes en aval du confluent du Vitim, on atteint à une certaine distance des bancs fortement redressés de grès quartzeux, de schistes et de calcaires anciens. C'est probablement le prolongement des plis marginaux de l'amphithéâtre. A une cinquantaine de verstes de la Léna, on est à 900 mètres d'altitude, sur une chaîne de gneiss gris courant au N.E. Plus à l'Est, au delà du Grand Patom, s'élèvent des montagnes encore plus hautes, appelées par Kropotkin *Patomské Nagorié*, c'est-à-dire le « haut pays du Patom ». Elles sont constituées, de même, par des roches archéennes. La partie culminante, le massif granitique et gneissique du *Teptoro*, appelé aussi « Chapeau de Napoléon », atteint 1 794 mètres. Il se dresse, enveloppé de neige, au-dessus du territoire environnant, qui est tout couvert de collines moutonnées et striées.

Au Nord-Est, ces roches n'atteignent pas la Léna; par contre, au Sud-Ouest, elles traversent le Vitim. Une bande extraordinairement longue de schistes argileux, reconnue jusqu'à présent sur 200 verstes et dont l'extrémité septentrionale doit s'avancer jusqu'au confluent

1. P. Kropotkin et I. Poliakov, *Rapport sur l'Expédition à l'Olekma et au Vitim*, r. (Zapiski Soc. Imp. Russe de Géogr., III, 1873; en particulier p. 191 et suiv.).

du Patom, borde au Sud-Est ce haut pays et le sépare des montagnes de l'Olekma. Sa direction est N. 40° à 50° E[1].

A la suite des travaux de Kropotkin, le cours inférieur du Vitim a été étudié par Obroutchev, et ce savant a bien voulu mettre à ma disposition une carte géologique du Patomské Nagorié. Obroutchev a constaté le fait remarquable que, sur la rive nord du Vitim, au Sud-Est du massif ancien du Patomské Nagorié, il existe un lambeau étendu de schistes probablement précambriens, avec quartzites et calcaires métamorphiques, quelquefois percés par un granite plus récent; or, ce lambeau est affecté de plis multiples, larges et allongés, qui, au lieu d'épouser la direction générale du massif archéen, courent de l'W. à l'E., avec une légère déviation vers l'E.S.E. Ces faisceaux de plis sont arasés. Le plus élevé d'entre eux a reçu d'Obroutchev le nom de *Khrébet Kropotkina;* il atteint 1 100 mètres et forme sur plus de 100 verstes la ligne de partage entre les affluents du Vitim, orienté de l'E. à l'W. dans cette partie de son cours, et ceux du Grand Patom et de la Vatcha[2].

De ces détails, retenons que le Patomské Nagorié représente la partie des montagnes de la Transbaïkalie située au delà du Vitim et qu'il possède la direction normale du Baïkal (dans le sens où l'entendait Tchersky). La solution du problème qui se rattache à la direction aberrante des plis, apparemment plus jeunes, des Monts Kropotkin doit être réservée aux observateurs futurs.

3. Vitim et Transbaïkalie. — Le voyage de Kropotkin, qui a été si fécond en résultats pour la science, remonte à l'année 1866. Il a eu pour théâtre les immenses solitudes qui s'étendent au Sud du Patom, entre 113° et 115° de long. E., jusqu'au versant méridional du Iablonovii. L'année précédente, Lopatin avait parcouru le vaste territoire situé à l'Est de la moitié septentrionale du Baïkal. Ses collections ont été étudiées par Polénov[3].

La moitié orientale du faîte qui nous a été conservée coïncide

1. P. Kropotkin et I. Poliakov, *Rapport* cité, p. 214.

2. W. Obrutschew, *Geologische Untersuchung des Gebirgslandes von Olekma-Witim und seiner Goldlagerstätten. Vorläufiger Bericht*, r. a. (Izvestiia Section Sibérie Orientale Soc. Imp. Russe de Géogr., XXII, n° 2-3, 1891, p. 24-100, 2 cartes, 1 pl.; XXIII, n° 3, 1892, p. 1-27). [Tout récemment, A. Ghérassimov a décrit la structure de la vallée supérieure de la Tchara, qui pourrait bien faire partie des prolongements du Khrébet Kropotkina : les roches y sont orientées W.N.W. (300°), et forment une série d'écailles (Verhandl, Russisch.-k. Mineralog. Ges., 2. Ser., XXXVIII, 1900, p. 47 et suiv.).]

3. I. A. Lopatin, *Journal de l'Expédition du Vitim en 1865, rédigé par* E. K. Polénov, r. (Zapiski Soc. Imp. Russe de Géogr., XXVIII. n° 1, 1895, XIV-283 p., carte

sensiblement avec la Transbaïkalie. Les travaux précités de Kropotkin et de Lopatin sont les sources principales pour la connaissance du Nord. Au Sud viennent s'y rattacher les études exécutées à l'occasion de l'établissement du Chemin de fer transsibérien (fig. 8). L'espace compris entre la Sélenga et le confluent de la Chilka avec l'Argoun a été exploré par Obroutchev et ses collaborateurs Ghérassimov et le prince Ghédroïtz : Obroutchev a examiné la partie qui s'étend de la Sélenga à Tchita, Ghérassimov la partie médiane jusqu'à l'Onon, et Ghédroïtz l'Est[1].

Je dois dire ici, avec l'expression de la plus vive gratitude, que M. Obroutchev m'a non seulement adressé de nombreuses communications manuscrites, mais que, pendant la rédaction des pages suivantes, il a bien voulu, à plusieurs reprises, m'aider de son expérience et de ses avis; en sorte que tout ce qu'on va lire sur la structure de la Transbaïkalie ou, du moins, tout ce qu'il peut y avoir d'instructif dans ces détails, doit être attribué à son obligeante collaboration et à ses conseils.

La bordure paléozoïque qui, au Nord et à l'Ouest, sépare de la Léna le haut massif du Patom, apparaît aussi sur le cours inférieur du Vitim; là, sa largeur atteint une quarantaine de verstes. Vers l'Est, comme on l'a vu, le Vitim traverse le prolongement de ce massif, dirigé S.W. Un peu plus à l'Est s'introduisent, au Nord du Vitim, les faisceaux de plis du Khrébet Kropotkina, dont la

géol.); B. Polenov, *Die massigen Gesteine vom nördlichen Theile des Witim-Plateau, Ostsibirien*, r. a. (Trav. Soc. Naturalistes St.-Pétersbourg, Section de Géol. Mineralog., XXVII, 1899, p. 89-482, 3 pl.). Les collections de Kropotkin ont malheureusement été anéanties par l'incendie du Musée d'Irkoutsk. — Il est fort à regretter que Joseph Martin n'ait livré à la publicité que peu de renseignements sur son voyage de l'Olekma au Vitim. Les échantillons recueillis ont été perdus; on sait seulement que cet explorateur a trouvé dans le Nord du granite, et, à partir du lac Amadis, des schistes et des terrains stratifiés. Au Sud du lac Nitchatka, il attribue à la ligne de faîte une altitude de 2 500 à 3 000 mètres; je n'ai pu parvenir à rien apprendre de plus sur la présence d'une chaîne aussi élevée. Il existe aussi des indications sur l'existence de hautes montagnes le long du Kalar, mais elles ne sont pas mieux assurées; *Voyage de M.* Joseph Martin *dans la Sibérie Orientale* (Compte rendu Soc. Géogr. Paris, 1887, p. 219-236, carte; en particulier p. 228).

1. Les rapports correspondants de Obroutchev, Ghérassimov et Ghédroïtz forment les livraisons VI 1897, X 1898, XVIII 1899 et XIX 1899 des *Explorations géologiques et minières le long du chemin de fer de Sibérie*, r. f.; la dernière livraison renferme une carte géologique générale du pays. En 1899, Obroutchev a donné un résumé d'ensemble, avec carte tectonique, au VIIe Congrès International de Géographie de Berlin (Verhandl. des Siebenten Internat. Geographen-Kongresses, II. Theil, 1901, p. 192-206, carte), de même que dans l'*Aperçu des explorations géologiques et minières le long du Transsibérien* publié par le Comité géologique de Russie (Exposition Universelle de 1900 à Paris), in-8°, XIII-200 p., carte-index et carte géol. Dans le dernier de ces documents, les cassures de la région orientale sont désignées sous des noms spéciaux (p. 142 et suiv.).

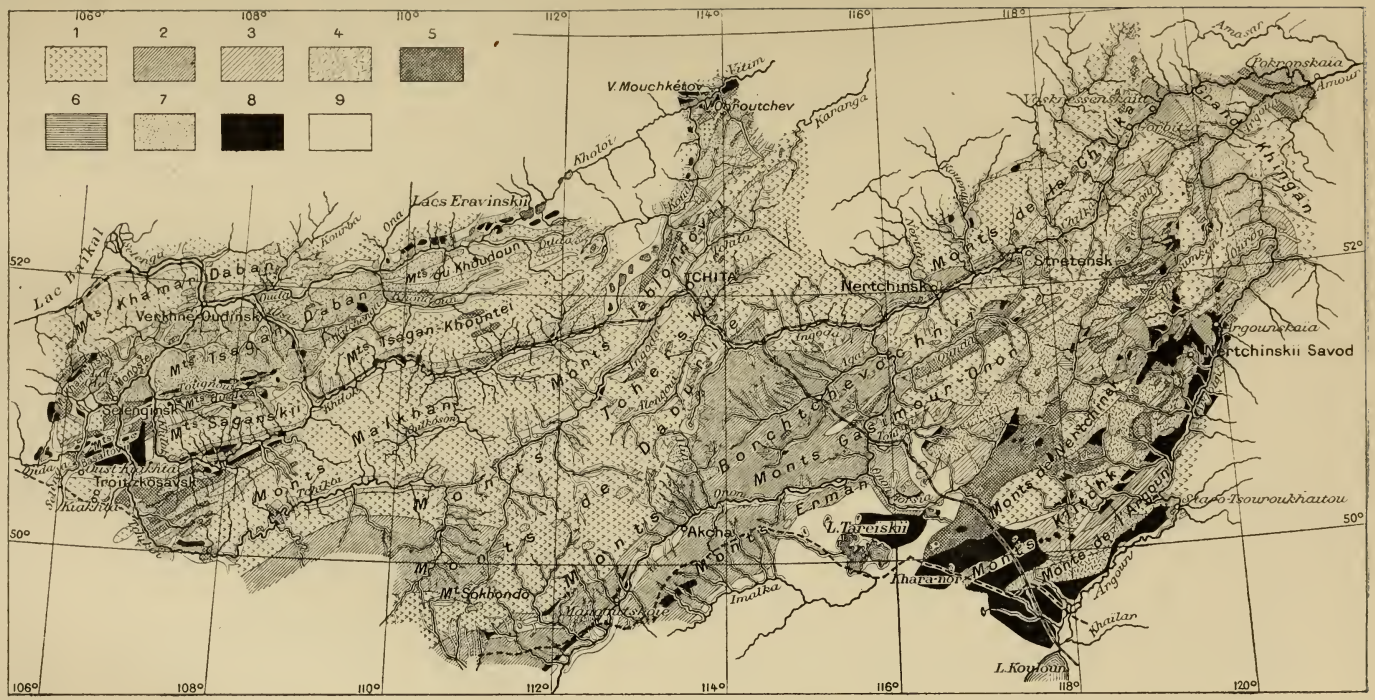


Fig. 8. — Carte géologique de la Transbaïkalie méridionale, d'après Obroutchev, Ghérassimov et Ghédroïtz (*Aperçu des Explorations géologiques et minières le long du Transsibérien*, in-8°, St.-Pétersbourg, 1900, pl. finale).

1. Archéen; 2. Schistes métamorphiques; 3. Terrains paléozoïques; 4. Granites et porphyres; 5. Diorites, diabases, etc.; 6. Série de l'Angara; 7. Dépôts tertiaires; 8. Roches volcaniques; 9. Alluvions. — Échelle de 1 : 7 000 000.

connexion avec les montagnes archéennes n'est pas parfaitement élucidée, mais qui limitent nettement le massif.

Dans la contrée sauvage qui vient au Sud, et qui s'étend à l'Est et au Nord-Est du Baïkal, on peut, d'après Kropotkin, distinguer trois éléments orographiques indépendants, savoir : les deux chaînes Mouïskii du Nord et du Sud, chaînes qui sont séparées par la large vallée de la Mouïa, puis, au Sud-Est de la seconde, le vaste plateau du Vitim. Essayons à notre tour de subdiviser le pays, en nous appuyant en même temps sur les études de Lopatin, au Nord, et sur les travaux plus récents, au Sud.

1. La chaîne *Mouïskii du Nord* est formée de deux parties : au Nord, les Monts *Delioun-Ouran*, dans la constitution desquels le granite syénitique joue un grand rôle, et au Sud les Monts Mouïskii du Nord proprement dits, correspondant à un anticlinal de gneiss orienté S.W., avec un axe de granite et de puissants filons de diorite. D'après Kropotkin, cette chaîne a pour prolongement direct au S.S.W. les Monts *Bargouzin*, qui forment la rive nord-est du Baïkal et prennent vers leur extrémité méridionale le nom de *Tchivyrskouïskii*. De l'autre côté, comme Kropotkin l'a déjà reconnu également, ces montagnes se rattachent au Sviatoï Nos et se poursuivent même en biais, au delà du Baïkal, sur la rive occidentale, à travers l'*Ile Olkhon*.

Les Monts Bargouzin se terminent du côté du Sud-Est, au Nord du 54° de lat. N., par une gigantesque muraille rocheuse, dominant la vallée du même nom ; à leur constitution prend part comme terrain essentiel, notamment au Sud-Ouest, un granite porphyroïde ; c'est sans doute à la présence de cette roche qu'il convient d'attribuer la forme exceptionnellement dentelée des cimes. Au Sud, près de la localité de Bargouzin, il y a des avant-monts où affleurent des roches très variées, par exemple des syénites, des syénites augitiques et un calcaire cristallin avec paillettes de mica[1].

La large vallée de la Bargouzina est en partie remplie de couches tertiaires d'eau douce. Cette dépression se prolonge assez loin au Nord-Est par la vallée d'un affluent, la Djirga, et elle se présente comme *le prolongement au Nord-Est de la moitié méridionale du Lac Baïkal*. Le faîte de partage entre la Djirga et la haute Tsipa, de même que le cours supérieur de la Tsipa, ont été vus par Lopatin dans une saison où le sol était couvert de neige, et sont peu con-

1. Polenov, *Die massigen Gesteine vom nördlichen Theile des Witim-Plateau*, p. 100; Schwarz a déjà exprimé une opinion analogue pour le Nord-Est du Baïkal (comp. Kropotkin, *Rapport sur l'Expédition à l'Olekma et au Vitim*, 1873, r., p. 345).

nus. Mais la vallée de la Tsipa suit exactement l'alignement de la vallée de la Bargouzina; après s'être élargie et avoir abrité le grand lac de Baountov, elle finit par prendre l'aspect d'une dépression large et marécageuse, à travers laquelle la Tsipa, encadrée de nombreux petits lacs, poursuit son cours. Cette dépression du lac de Baountov et de la Tsipa forme la limite entre les Monts Mouïskii du Sud et le haut pays du Vitim.

D'après cette manière de voir, c'est-à-dire si l'on admet que la ligne de la Tsipa est le prolongement de la ligne de la Bargouzina, les deux chaînes des Monts Mouïskii seraient situées au Nord de cette ligne de démarcation. D'après Kropotkin, au contraire, le Mouïskii du Sud se prolongerait par la ligne de faîte précitée entre la Djirga et la Tsipa, dans les hautes montagnes de l'*Argoda* et de l'*Ikat*, situées à l'Est de la Bargouzina. Ces montagnes, dont la chute sur la vallée de Bargouzin est également brusque, sont très différentes des Monts Bargouzin, qui leur font face; elles sont plus élevées (2 000 m.), et leurs sommets, formés de gneiss, sont toujours arrondis.

2. Le *massif du Vitim* est limité au Nord par un long escarpement, courant au N.E., à partir de la région comprise entre le Vitimkan et le Vitim, et formant le bord méridional de la dépression du lac de Baountov et de la Tsipa moyenne. Une zone large et continue de schistes cristallins ménage la jonction avec les Monts de l'Argoda et de l'Ikat. En dedans de cette zone schisteuse, le pays, assez élevé, est constitué par du granite et de la syénite, recouverts parfois de dépôts d'eau douce tertiaires ou de nappes basaltiques.

La partie située à l'Ouest du Vitim est surmontée de chaînons bas, parallèles aux reliefs plus élevés de l'Ikat et courant au N.E.; mais dans la boucle du Vitim et plus à l'Est, le sol s'étend sans présenter aucune saillie notable à une altitude moyenne de 3 000 pieds [900 m.]. Dans cette même boucle du Vitim, Lopatin découvrit des épanchements de basalte fort étendus, qu'il traversa sur une largeur de 40 verstes. La surface du terrain est absolument plate, abstraction faite des gorges profondes et très encaissées que la Djilinda et le haut Amalat ont creusées dans son épaisseur. Lopatin y a vu de petits cônes de scories avec des cavités circulaires remplies d'eau, que Polénov regarde comme les restes de solfatares [1].

Les montagnes de l'Ikat et de l'Argoda, situées à l'Est de la val-

1. Polenov, *Die massigen Gesteine vom nördlichen Theile des Witim-Plateau*, p. 348.

lée de Bargouzin, et en même temps une notable portion du plateau du Vitim, se prolongent plus au Sud-Ouest en allant se rattacher aux Monts *Oulan-Bourgassi*. Nous arrivons ainsi au bord sud-est du Baïkal et au champ d'études d'Obroutchev et de ses collaborateurs. Les contreforts des Oulan-Bourgassi ou Monts de Kourbin sont traversés par la Sélenga près de Verkhné-Oudinsk, et leur direction se prolonge dans le *Khamar-Daban ;* à cette chaîne succède, avec une direction un peu différente, tournant au S.S.W., la courte arête des Monts *Khambinskii*.

Les dernières chaînes dont nous venons de parler sont toutes formées de gneiss et de schistes anciens, avec affleurements isolés de granite. Dans les Monts de Kourbin, on trouve les directions E.-W. et W.N.W., parfois N.N.W. ou N.N.E. ; des massifs calcaires s'alignent à l'E.N.E. Dans le Khamar-Daban, sur la rive droite de la Sélenga, les terrains anciens s'orientent E.N.E. et N.E. ; c'est donc la direction du Baïkal qui domine, quoique certains indices annoncent déjà celle du Saïan. Toutefois, le dessin des montagnes n'est pas déterminé par cette orientation, mais par une longue zone de fractures qui en suit le bord méridional.

Cette zone n'est pas rectiligne. Elle commence avec le fossé, dirigé un peu plus à l'S.S.W., qui est situé au pied méridional des Monts Khambinskii et dans lequel se trouve le *Lac des Oies* [Goussinoïé]. Cet effondrement est jalonné par diverses roches éruptives, et les couches tertiaires, qui contiennent des lignites, s'y montrent elles-mêmes disloquées.

Ayant d'atteindre la Sélenga, les failles bordières de cette dépression, dirigées d'abord N.N.E., tournent au N.E. et à l'E. N.E. ; elles franchissent la Sélenga près de Verkhné-Oudinsk et forment alors, sur la rive septentrionale de l'Ouda, le bord méridional du Khamar-Daban et des Monts de Kourbin ; elles sont jalonnées par de nombreux pointements basaltiques. Là, l'Ouda occupe un long fossé. Encore à 300 verstes à l'E.N.E de Verkhné-Oudinsk, il existe des basaltes au Nord de ce cours d'eau. En suivant l'alignement de ce fossé, on arrive à l'important groupe de lacs qui caractérise la région de partage du côté du Vitim. Une rigole fluviale, le Kholoï, puis le tronçon moyen du Vitim lui-même prolongent ensuite jusqu'au delà du 54° de lat. N. ce long sillon rectiligne. D'après Ghérassimov, le Vitim suit sur ce parcours une vallée étroite, creusée dans les roches archéennes. Il existe dans cette vallée quelques gisements de couches tertiaires d'eau douce, contenant des Poissons fossiles et recouvertes par une nappe basaltique

dont l'épaisseur atteint de 15 à 30 mètres. Au delà, cette nappe horizontale de basalte s'étale sur les bords de l'Ingour et de l'Olnaou, et il est possible qu'elle soit en continuité vers l'Ouest avec les grands plateaux basaltiques du bassin supérieur de l'Amalat. C'est là précisément, au Nord de la Konda, affluent venant de droite, que Ghérassimov a découvert deux cônes volcaniques. L'un, situé à 5 ou 6 verstes du Vitim, sur un ruisseau appelé Kakirtaï, est formé de scories incohérentes et de lave ; sa hauteur relative est de 200 mètres, et l'auteur de la découverte lui a donné le nom de *volcan Obroutchev*. Le second, qui a été appelé *volcan Mouchkétov*, est à 7 verstes du Vitim, sur l'Ingour, et couronne une table de basalte; dans le cratère se trouve un petit lac; sa hauteur relative est de 140 mètres. Le basalte renferme des enclaves de granite [1].

Nous considérerons donc ici le long fossé qui passe par le Lac des Oies, Verkhné-Oudinsk, le cours de l'Ouda, les lacs de la région du partage des eaux, le Kholoï et le cours moyen du Vitim comme une ligne disjonctive, peut-être interrompue par les roches archéennes au voisinage du faîte de partage, mais virtuellement continue en tracé et en direction, et rappelant en même temps la ligne Bargouzin-Tsipa, qui lui est à peu près parallèle.

Au Sud-Ouest, comme on l'a vu, cette ligne est déviée, dans la fosse du Lac des Oies, vers le S.S.W. La distance du Lac des Oies à la Sélenga est d'environ 120 verstes, et de là aux volcans du Vitim on compte à peu près 450 verstes; mais plus à l'Est encore le Vitim continue à suivre, sur un long parcours, la même direction.

3. A l'Est du fossé du Lac des Oies s'élèvent les Monts Monostoï, chaînon court, dont la direction est, par exception, N.N.E. ; ils se rattachent vers l'Est à la chaîne principalement granitique du *Tsagan-Daban*, dont la largeur correspond à la distance qui sépare Verkhné-Oudinsk de Sélenginsk et dont les Monts de Khoudoun forment le prolongement à l'E.N.E.

Une nouvelle fosse longe cette chaîne au Sud. Le cours du Tougnouï, qui se jette dans le Khilok au Sud de Sélenginsk, est compris tout entier dans cette fosse ou bande d'effondrement; de nombreuses roches éruptives la caractérisent, et l'on y voit surgir le horst granitique des Monts du Tougnouï.

La *fosse du Tougnouï* se rattache à l'Ouest de Sélenginsk à celle du Lac des Oies. Une traînée de basalte jalonne sur 100 verstes de longueur son bord septentrional, en formant en même temps le

1. Le chercheur d'or Buivid paraît avoir attiré l'attention sur ces volcans, notamment sur le volcan Mouchkétov (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXIV, 1898, p. 222).

bord méridional du Tsagan-Daban; puis, à l'E.N.E., la fosse se rétrécit et quelques pointements basaltiques indiquent seuls son prolongement dans la vallée de la Kitchenga.

4. Le horst suivant emprunte son nom aux Monts *Saganskii*, lesquels sont constitués par des gneiss et des schistes anciens. Il comprend au Sud-Ouest les montagnes des bords de la Djida et celles qui s'étendent entre cette rivière et la Sélenga, puis la chaîne venant de Mongolie qui, entre Oust-Kiakhta et Troïtzkosavsk, pénètre en Sibérie. Celle-ci semble toutefois n'être que le prolongement de la moitié méridionale du horst, tandis que sa moitié septentrionale a disparu sous une épaisse masse de basalte, le *Khrébet Basaltovii*, ayant 60 verstes de long. Ce massif basaltique est très large; le Tchikoï le traverse de part en part et l'on n'aperçoit jusqu'au niveau de la rivière que du basalte. A l'E.N.E. émerge alors la zone archéenne des Monts Saganskii, dont le prolongement ultérieur dans la même direction est formé par le Tsagan-Khountéi.

Le bord sud des Monts Saganskii est encore une fois jalonné par une fosse, qui reproduit les caractères des fosses du Lac des Oies et du Tougnouï et qui notamment va en se rétrécissant à l'E.N.E. Cette *fosse du Khilok*, encadrée des deux côtés par des basaltes, paraît se perdre à l'E.N.E. Mais Ghérassimov en a retrouvé plus loin le prolongement, indiqué d'abord par quelques lambeaux de basalte, puis par une traînée porphyrique fort longue qui, en tournant peu à peu au N.E., accompagne le chapelet de lacs alignés sur le versant occidental des Monts Iablonovii. Ghérassimov a même suivi la traînée en question jusqu'aux sources du Youmargon, affluent de droite du Vitim, par 53° de lat. N. Les deux horsts précités, le Tsagan-Daban et le Saganskii, ont perdu de leur importance au Nord-Est, et là, nous ne sommes plus qu'à une cinquantaine de verstes au S.S.E. des volcans du Vitim.

5. Les *Monts Malkhan* forment la partie principale du horst suivant. Cette chaîne émerge, aux environs de Kiakhta, d'un véritable déluge de roches éruptives, augmente de largeur à l'Est-Nord-Est, décrit un léger coude en prenant la direction N.E., puis se rétrécit notablement; c'est cette partie rétrécie du horst des Monts Malkhan, orientée N.E. ou N.N.E., qui, en s'abaissant vers l'Est sur la vallée de l'Ingoda et de la Tchita, forme la chaîne bien connue des Monts *Iablonovii*. Celle-ci se prolonge encore au delà, d'après Ghérassimov, en conservant la même direction, sur la rive gauche de la Karanga.

La chute du Iablonovii sur la fosse de l'Ingoda est de 800 à 1 000 pieds [250 à 300 m.] ; elle offre l'aspect soit d'une muraille sombre, parsemée de taches discontinues de forêts, soit d'un talus de débris rocheux. La direction des bandes archéennes est E.N.E. et se trouve recoupée par l'escarpement, qui court au N.N.E. [1].

Le Iablonovii était regardé jusqu'à présent comme l'un des principaux gradins qui s'échelonnent dans l'Asie Intérieure. Cette conception provient sans doute de ce que tous les horsts et tous les « dos de pays » qui se succèdent plus à l'Est sont traversés par l'Ingoda, puis par la Chilka. Il en résulte que le voyageur venant de l'Ouest se maintient, jusqu'à la falaise du Iablonovii, sur les hauteurs du massif montagneux, tandis qu'au delà il n'a plus aucune crête à franchir : sa route le conduit le long d'une vallée qui sur tout son parcours, jusqu'au Khingan, est une vallée transversale.

La place manque pour décrire en détail les horsts suivants qui, tous, s'orientent E.N.E. Les premiers sont les *Monts Tchersky* (6) et les *Monts de Daourie* (7) ; une large zone de schistes métamorphiques, venant de Mongolie, empiète sur leur extrémité sud-ouest. Les *Monts Borchtchevochtnii* (8) ont une longueur extraordinaire ; ils sont traversés par la basse Ingoda et la haute Chilka, et au delà de Nertchinsk et de Strétensk s'introduit, à l'Ouest, la chaîne des *Monts de la Chilka*. Les schistes métamorphiques et les grauwackes jouent un rôle important dans la constitution des Monts Borchtchevochtnii ; ces roches sont dominées par des crêtes plus hautes et des « goltzi » de granite. Ghédroitz, dans les Monts de la Chilka, en suivant une traînée longue et étroite de pointements granitiques, s'est avancé jusqu'à la localité d'Ourioumskii, où commence le versant de la Mer Polaire (53° 45' de lat. N.). C'est également au Borchtchevochtnii qu'appartient, au Sud-Ouest, le sommet le plus élevé de la Transbaïkalie, la cime porphyrique du *Sokhondo* (2 516 m.) [2].

1. A. P. Ghérassimov, *Compte-rendu sommaire des recherches géologiques faites en été 1898 le long du Transsibérien entre Tchita et Nertchinsk*, r. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, XIX, 1899, p. 15); V. A. Obroutchev, *Recherches géologiques faites en Transbaïkalie de 1895 à 1898*, r. (Ibid., p. 108) [et *Aperçu des explorations géologiques et minières le long du Transsibérien*, p. 142]; voir aussi Obroutchev, Explor. géol. etc., VI, 1897, p. 26, et ailleurs.

2. G. Radde l'a déjà décrit dans ses *Berichte über Reisen im Süden von Ost-Sibirien ausgeführt in den Jahren 1855 bis incl. 1859* (Baer und Helmersen, Beiträge zur Kenntniss des Russischen Reiches, XXIII, 1861, p. 456). J. Makérov a donné un tableau des montagnes qui environnent Akcha, sur l'Onon ; *Esquisse géologique des gîtes aurifères du bassin de l'Amour*, r. (Izvestiia Section Sibérie Orientale Soc. Imp. Russe de Géogr., XX, n° 3, 1889, p. 45 et 55).

Une large zone de plaines, avec couches d'eau douce tertiaires à Poissons associées à des basaltes, atteint ensuite, en venant du Sud-Ouest, la région des lacs Tareïskii, puis la vallée de l'Onon-Borsia [1]. Plus à l'Est, jusqu'à l'Argoun, des roches volcaniques récentes débordent de la Mongolie sur l'extrémité sud-ouest des bandes suivantes. Je dis des bandes, parce que, du moins dans la majorité des cas, des lignes de dislocation plus simples paraissent remplacer les fosses. Leur direction est la même que celle des horsts dont nous avons parlé, mais elles sont plus courtes. Ce sont les Monts *Gasimour-Onon* (9), le *Nertchinskii* (10), le *Klitchk* (11) et les *Monts de l'Argoun* (12), qui occupent la partie sud-est de la Transbaïkalie. Dans cette portion orientale du faîte, les chaînons sont bordés de dépôts marins d'âge dévonien moyen, et ainsi disparaît l'un des traits les plus caractéristiques de la portion centrale. Ces terrains paléozoïques s'étendent jusqu'à la Chilka. Des schistes métamorphiques et des roches du type des grauwackes s'y rattachent et, à partir de Strétensk et de Nertchinsk, atteignent au Sud-Ouest un grand développement dans le bassin de l'Onon. Peut-être le Carbonifère y existe-t-il aussi, et l'on voit en outre des sédiments légèrement plissés qui doivent appartenir à la série de l'Angara.

Les terrains volcaniques se poursuivent le long de l'Argoun, depuis la Mongolie jusqu'au coude de cette rivière près de Staro Tsouroukhaïtou; puis ils retraversent l'Argoun en amont de Nertchinskii Zavod et les basaltes, les rhyolites et les trachytes prennent un grand développement. D'après Ghédroïtz, on observe non seulement des nappes, mais encore des « puys » isolés, des bombes volcaniques et tous les symptômes d'une activité éruptive récente.

Au Sud de Nertchinskii Zavod, les roches anciennes se dirigent N. 10 à 20° E., tandis qu'au Nord de cette localité, et en particulier *au Nord du 52° de lat. N., la direction des terrains est absolument différente et passe au N.N.W.* Nous sommes arrivés au Grand Khingan, et en même temps à la limite orientale du faîte.

L'un des résultats les plus importants des études de Ghédroïtz a été de montrer que le bord occidental du Grand Khingan passe en amont du confluent de l'Argoun et de la Chilka. Ce bord occidental

1. C'est à Middendorff qu'on doit la découverte de ces poissons fossiles (*Lycoptera Middendorffi*, Müll.); Serguiéev a également décrit ces couches (Gornyi Journal, 1897, I, p. 71); on trouvera des indications détaillées dans A. Guerassimow, *Recherches géologiques le long du Transsibérien entre Tchita et Nertchinsk en 1897*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, XVIII, 1899, p. 88.) Sur le bord de la dépression des lacs se montrent des terrasses; c'est là que s'élève la croupe granitique d'Adon-Tcholon, connue par ses gites minéraux.

atteint l'Argoun un peu au-dessous de Nertchinskii Zavod, et la Chilka entre Gorbitza et Voskressensk[1].

En général, on peut résumer les résultats obtenus par Obroutchev et ses collaborateurs de la façon suivante :

Dans toute la région comprise entre la rive nord du Baïkal et l'Argoun, le plissement affecte la direction dite du Baïkal (E.N.E. ou N.E.); c'est seulement vers l'extrémité sud du Baïkal qu'apparaît, dans des cas isolés, la direction du Saïan. Au voisinage de l'amphithéâtre, ce plissement est sans aucun doute d'âge précambrien; par contre, dans le Sud-Est de la Transbaïkalie, on voit le Dévonien et peut-être même les couches de l'Angara participer au plissement. Nous admettrons, avec Obroutchev, que le plissement a continué au Sud-Est, en diminuant d'intensité, jusqu'à une époque tardive[2].

Les fissures ou lignes disjonctives suivent de même un plan commun. Sauf quelques accidents transversaux de peu d'importance, que l'on relève dans la partie sud-ouest du Tsagan-Daban et du horst Saganskii, ces longs alignements épousent aussi, dans l'ensemble, la direction du Baïkal. Si l'on fait entrer en ligne de compte la région tout à fait septentrionale, on constate que la ligne de l'Olkhon et de la vallée de la Bargouzina est dirigée plus au N.E., celle qui passe au Nord du Lac des Oies, de l'Ouda et du Vitim plus à l'E.N.E., et que toutes les lignes suivantes jusqu'au versant oriental des Monts de Daourie ont une allure arquée, courant toujours à l'E.N.E., mais avec une légère convexité vers le S.E., tandis que plus à l'Est la direction rectiligne E.N.E. règne de nouveau.

En outre, trois effondrements en forme de coin, étagés l'un en arrière de l'autre, prennent naissance le long des fosses qui s'étendent au Sud-Est du Baïkal : au Lac des Oies, sur le Tougnouï et sur une partie du cours du Khilok.

Ces fissures sont jalonnées sur de grandes distances par des roches éruptives. Les porphyres et les tufs qui les accompagnent semblent toujours être antérieurs aux basaltes. Les fissures elles-mêmes sont d'âge différent et les cratères du Vitim indiquent la persistance tardive du phénomène.

1. Prince Giédroic [Ghédroïtz], *Explorations entre Strétensk et Pokrovskaïa*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, VI, 1897, p. 124); *Recherches faites en 1897 dans la partie sud-est de la Transbaïkalie*, r. f. (Ibid., XVIII, 1899, p. 141 et suiv.).

2. Obroutchev, *Recherches géologiques faites en Transbaïkalie de 1895 à 1898*, r. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, XIX, 1899, p. 115) [et *Aperçu des Explorations géologiques et minières le long du Transsibérien*, p. 151].

Les lignes disjonctives et les fosses atteignent leur expression la plus nette dans la partie occidentale de la région dont nous avons parlé, et où, d'ailleurs, il n'existe pas de plis récents. Là, on acquiert l'impression que *des tensions se seraient fait sentir après le plissement*, en se manifestant suivant une direction générale sinon identique, du moins très voisine, celle de l'E.N.E. ou du N.E.

4. Le Lac Baïkal. — Ce lac a plus de 600 verstes de longueur; transporté en Europe, il s'étendrait de Trieste à Prague. Sa largeur atteint un peu plus de 80 verstes.

Ses rives sont formées en grande partie par des murailles rocheuses abruptes; sa profondeur est très considérable. Les travaux de Dybowski et Godlewski, ainsi que les mesures plus récentes de Drijenko, permettent de se faire une idée approximative de la cuvette submergée (fig. 9)[1].

Dans la partie située au Sud de l'embouchure de la Sélenga, et en particulier du côté de la rive située au Nord de l'Angara, la profondeur du lac, sur une étendue notable, dépasse 700 sagènes (1 280 m.); le sondage le plus profond qu'on ait enregistré jusqu'à présent est de 1 445 mètres. En adoptant l'altitude de 512 mètres, il en résulte que le lit du Baïkal descend à 933 mètres au-dessous du niveau de la mer. Mais les fonds présentent diverses irrégularités. D'abord, le cône d'alluvions de la Sélenga est si vaste que, jusque vers le milieu du lac, au large de l'embouchure, la profondeur ne dépasse nulle part 200 ou 300 mètres. Au Sud-Ouest du delta, en allant vers la dépression la plus profonde, par des fonds de 400 à 700 mètres, on voit une crête isolée monter jusqu'à 61 mètres de la surface[2].

Au Nord du delta, entre le Sviatoï Nos et l'île Olkhon, les profondeurs sont considérables, et autour du Sviatoï Nos la sonde, en plusieurs endroits, n'atteint pas le fond à 1 000 mètres. D'autre part, encore à l'Ouest du Sviatoï Nos, vers le milieu du lac, par des fonds de 450 à 600 mètres, quatre petits récifs de gneiss, les *Ouchkanii*, se dressent brusquement dans les airs. La partie septentrionale du lac, pour autant qu'on la connaît, a partout plus de

1. Th. K. Drijenko, *Reconnaissance du Lac Baïkal en 1896*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXIII, 1897, p. 210-241, 3 cartes). [Voir aussi la *Carte préliminaire de la partie sud du lac de Baikal* jointe à la note de J. de Schokalsky, *Les travaux des officiers hydrographes russes dans l'Océan Arctique et en Sibérie* (Verhandl. des Siebenten Internat. Geogr.-Kongr. 1899, Berlin, 1901, II, p. 777-780).]

2. D'après Drijenko, il est probable que ce haut-fond se prolonge sur 23 verstes au moins (Mém. cité, p. 227).

400 sagènes de profondeur (732 m.) jusqu'au voisinage des rives.

On a déjà vu que Kropotkin regardait le promontoire du Sviatoï Nos et l'île Olkhon comme des prolongements des Monts Bargouzin. Toutes les observations faites depuis sont de nature à con-

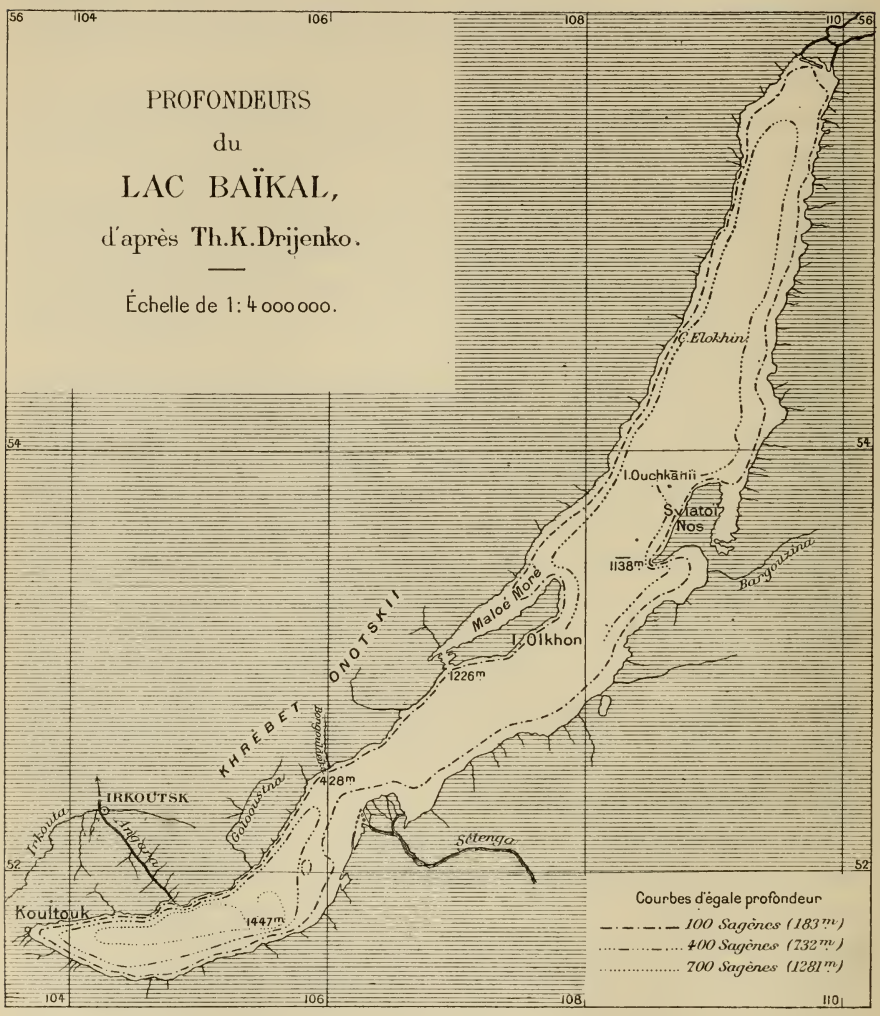


Fig. 9.

firmer cette manière de voir. D'après cela, le Baïkal se diviserait en deux moitiés de dimensions à peu près égales, accolées en biais l'une à l'autre. L'extrémité méridionale de la partie nord du lac coïncide avec le Maloé Moré, derrière l'île Olkhon. L'extrémité septentrionale de la partie sud du lac a pour prolongement la vallée

de la Bargouzina. Le Baïkal est donc une sorte de *lac jumeau*. Tandis que sa largeur totale est de 80 verstes, la largeur maximum de chacune de ces deux moitiés se réduit à 50 ou 55 verstes seulement.

L'affluent de beaucoup le plus important, la Sélenga, se jette dans le lac pour ainsi dire à angle droit sur la rive orientale, et le tracé de l'émissaire, l'Angara, qui est établi dans des conditions tout à fait analogues, ne manifeste aucun rapport avec les contours de la cuvette lacustre. L'allure de ces cours d'eau leur donne l'apparence d'être le prolongement l'un de l'autre, comme s'ils représentaient les tronçons d'un ancien fleuve unique qui aurait été coupé en deux par la formation du lac.

Les violents tremblements de terre qui, en ces derniers temps, se sont fait sentir dans cette région ont d'ailleurs déterminé des affaissements dans les alluvions du delta (I, p. 46) ; mais ils n'ont donné lieu à aucune modification tectonique appréciable.

Georgi, qui visita le Baïkal en 1772, insiste avec beaucoup de sagacité sur ses rives abruptes, « qui montrent la coupe des montagnes, les blocs de rochers dans l'eau, les îles arrondies, souvent séparées de la côte voisine par des fentes, qui sont les ruines des montagnes primitives, et l'effrayante profondeur du lac au pied des falaises », — autant d'indices d'une origine violente. L'emplacement du lac serait le prolongement de la vallée supérieure de l'Angara, qu'une convulsion de la nature, un écroulement souterrain par exemple, aurait transformé en une cuvette lacustre [1].

Erman regardait, lui aussi, le lac comme un effondrement. Tchersky, auquel on doit tant pour l'exploration du Baïkal, supposait qu'il représente un tronçon d'une vallée d'érosion primitive, modifiée plus tard par plissement. Obroutchev est revenu à l'hypothèse d'Erman et a fait valoir les raisons qui militent en faveur d'une origine disjonctive, insistant, à cet égard, sur les fosses d'effondrement de la Transbaïkalie [2].

Le Baïkal n'est pas une ancienne vallée d'érosion. Ce n'est pas non plus une fosse affaissée entre des cassures en échelons, comme la vallée du Rhin, ou une simple fente rectiligne, comme le Lac Rodolphe. Les courbes adoucies des contours de ses deux moitiés

1. J. G. Georgi, *Bemerkungen einer Reise im Russichen Reich im Jahre 1772*. In-4°, St. Petersburg, 1775, I, p. 150.

2. W. Obrutschew, *Ein Ausflug in das goldführende Gebiet der Flüsse Sarma und Ilikta im westlichen Baikalgebirge*, r. a. (Izviestiia Section Sibérie Orientale Soc. Imp. Russe de Géogr., XXVIII, n° 1, 1897, p. 14).

se comportent relativement aux plis précambriens de telle façon qu'au Maloé Moré, par exemple, la direction des falaises rocheuses de la rive coïncide presque avec celle des plis précambriens, tandis que plus au Sud-Ouest, au delà de la Bogouldeïka, les plis sont coupés à angle droit. D'autre part, on doit reconnaître que l'allure de ces falaises offre une très grande analogie avec celle des lignes disjonctives du faîte. Déjà, cette circonstance que le lac consiste en deux moitiés, si semblables entre elles, et la situation relative de ces deux moitiés témoignent d'une communauté d'origine pour l'une et pour l'autre; il est donc probable que la cause à laquelle est due leur formation doit avoir affecté une aire encore plus étendue, et le Baïkal lui-même nous apparaît alors comme un résultat des tensions dont nous avons précisément reconnu les effets dans les fosses du Lac des Oies, du Tougnouï, du Khilok, etc.

Une autre analogie avec ces vallées disjonctives est fournie par la présence d'une bande de couches lignitifères, probablement tertiaires, sur la rive orientale du lac, à Malinovskaïa, en face de l'Angara. Iatchevsky les a décrites; leur allure est assez tranquille[1].

D'autre part, il y a lieu de noter deux différences essentielles.

La première réside dans la largeur qui, pour le Baïkal, est très grande. Tandis que la fosse de l'Ingoda a de 10 à 15 verstes de large et que ce chiffre est fréquemment atteint dans les vallées disjonctives, on trouve pour les fosses des bords de la Sélenga des largeurs qui, tout en étant plus fortes, sont cependant loin d'être comparables à celle du Baïkal. Le horst des Monts Bargouzin est uniquement réduit à la largeur de l'île Olkhon, comme si une portion importante de sa masse avait disparu dans les profondeurs.

La seconde différence consiste dans l'absence de produits éruptifs. Sur un point seulement, près de Koultouk, vers l'extrémité méridionale du lac, se présente du basalte; mais il ne s'agit là que de l'extrémité d'une coulée qui a comblé le lit de l'Irkouta, en forçant cette rivière, comme l'a montré Tchersky, à creuser son lit actuel dans la direction de l'Angara. M. Obroutchev m'apprend que dans les conglomérats de la série de l'Angara, en amont et en aval d'Irkoutsk, on trouve en grande quantité des cailloux de porphyre, de felsite, de tufs et de brèche, bien qu'on ne connaisse nulle part de telles roches en place à une grande distance à la ronde.

Quant à l'âge des diverses parties des rives du Baïkal, on peut

1. L. Jaczewski, *Explorations géologiques le long du Transsibérien au Sud du lac Baïkal*, r. f. (Explor. Ch. de fer de Sibérie, VII, 1898, p. 20-22). Les couches plongent de 12° au N.W., et la hauteur au-dessus du lac n'est pas considérable.

dire ce qui suit : les porphyres en question sont peut-être comme un écho lointain d'une première phase des mouvements disjonctifs. Ces porphyres sont antérieurs aux conglomérats par lesquels débute, sur les bords du Baïkal, la série de l'Angara. Au voisinage de l'Angara, cette série de couches à empreintes végétales est coupée brusquement par la cuvette profonde du Baïkal; ce tronçon est donc plus récent que la partie correspondante de la série de l'Angara. La rive sud-est, près de Malinovskaïa, est plus ancienne que les bancs de lignite qui s'appuient contre elle. La vallée aujourd'hui abandonnée de l'Irkouta, qui débouchait dans le Baïkal près de Koultouk, est antérieure à la coulée de basalte qui est venue la remplir.

Il résulterait de là, en ce qui concerne la moitié méridionale du lac, qu'elle est plus récente que la série de l'Angara (abstraction faite des galets de porphyre) et plus ancienne que certaines des subdivisions de la série tertiaire, plus ancienne aussi, probablement, que le basalte de Koultouk.

La faune du Baïkal présente un certain nombre de particularités qu'il importe également de passer en revue, si l'on veut déterminer son âge.

Alexandre de Humboldt a rappelé qu'il existe des phoques non seulement dans la Mer Caspienne et dans le Baïkal, mais encore à une grande distance à l'Est du Baïkal, dans un petit lac d'eau douce du bassin du Vitim, le lac Oron; il y a vu le témoignage d'une antique communication entre ces nappes d'eau[1]. Pour Oscar Peschel, le Baïkal représentait un fjord de l'ancienne Mer Polaire sibérienne : un soulèvement du sol aurait empêché les phoques de battre en retraite. Tchersky s'est élevé contre cette hypothèse, en faisant remarquer que les traces d'une extension de la Mer Polaire à l'époque post-tertiaire s'arrêtent vers 67° 30′ de lat. N., et que, de plus, on connaît tout autour du Baïkal des sédiments tertiaires et post-tertiaires qui se sont déposés, non dans la mer, mais dans des eaux douces. L'Angara aurait possédé, à une époque tardive, des élargissements formant comme un chapelet de lacs; avec une pareille configuration du sol, les phoques auraient très bien pu immigrer dans l'intérieur.

La question d'une ancienne communication avec la mer fut de nouveau posée lorsque Dybowski annonça, en 1884, qu'une éponge du Baïkal, *Lubomirskia baikalensis,* vit également dans la Mer de

1. Au Nord du 57° de lat. N., le Vitim s'élargit, en formant une sorte de lac qui communique vers l'Est, par un étranglement, avec une seconde nappe d'eau plus petite appelée lac Oron.

Bering [1]. A ce propos, mentionnons le fait qu'une autre éponge, *Spongilla Carteri* Bow., dont le pays d'origine est le Sud de l'Inde, de Bombay à Madura, a été retrouvée en nombreux exemplaires en pleine Europe, à Füred, dans le lac Balaton [2]; et passons, en suivant la voie indiquée par Tchersky, à l'examen des formes d'eau douce.

Les recherches de Kessler et d'autres naturalistes ont montré que les fleuves sibériens possèdent en commun un grand nombre d'espèces typiques, telles que *Accipenser ruthenus*, qui, dans tous les cas, sont antérieures à l'établissement d'une bonne partie des lignes de partage actuelles. M. Steindachner a bien voulu me rappeler que de nombreux Poissons typiques des rivières d'Europe, comme *Lota vulgaris*, *Cyprinus carpio*, *Carassius vulgaris*, *Gobio fluviatilis*, *Phoxinus lævis*, *Cobitis tænia*, etc., pénètrent jusque dans le bassin supérieur de l'Amour [3]. Au contraire, les études de Dybowski sur les Gastropodes du Baïkal l'ont conduit à un résultat très intéressant : c'est que ces Mollusques ne possèdent pas la même distribution que les Poissons d'eau douce dont nous venons de parler, mais que, sauf un petit nombre d'exceptions, ils représentent, au cœur de la Sibérie, une colonie indépendante [4].

Or, presque en même temps que ces travaux, paraissaient ceux de Heude sur les coquilles fluviatiles de Nanking, et Anderson découvrait au Yun-nan, dans le lac de Ta-li, de grosses Paludines ornées de côtes; rapprochant tous ces faits nouveaux, Th. Fuchs reconnut aussitôt leur importance pour l'interprétation des faunes continentales de l'Europe. Il montra que le cachet des couches à

1. W. Dybowski, *Notiz über eine die Entstehung des Baikal-Sees betreffende Hypothese* (Bull. Soc. Imp. des Naturalistes de Moscou, LIX, 1884, p. 175-181). Ce mémoire renferme un exposé détaillé des vues de Humboldt, Peschel et Tchersky.

2. *Resultate der wissenschaftlichen Erforschung des Balatonsees,* herausgegeben von der Ung. Geographischen Gesellschaft, II, 1er Theil; Eug. Vángel, *Coelenterata*, p. 68, 69; in-4°, Wien, 1897.

3. B. N. Dybowski, *Vorläufige Mittheilungen über die Fischfauna des Ononflusses und des Ingoda in Transbaikalien* (Verhandl. k. k. Zool.-Botan. Ges. Wien, XIX, 1869, p. 945-958), et *Zur Kenntniss der Fischfauna des Amurgebietes* (Ibid., XXII, 1872, p. 209-222); S. Herzenstein et N. Varpakhovsky, *Note sur la faune ichthyologique de la Région de l'Amour et des contrées voisines*, r. (Travaux Soc. Zool. St.-Pétersbourg, XVIII, 1887, 58 p.). — A. Nikolsky a exprimé l'opinion qu'il existe certains traits communs entre la faune ichthyologique du Balkhach et celle du Lob-Nor; mais cette conclusion a été contestée par Nikitin, pour des raisons géologiques; un nouvel examen de la question serait très désirable; voir Travaux Soc. des Naturalistes de St.-Pétersbourg, XVI et XVIII, et Neues Jahrb. f. Min., 1887, I, Ref., p. 112-113.

4. W. Dybowski, *Die Gasteropoden-Fauna des Baikal-Sees, anatomisch und systematisch bearbeitet* (Mém. Acad. Imp. Sc. St.-Pétersbourg, 7e sér., XXII, n° 8, 1875, 73 p., 8 pl.). [Voir aussi les récents travaux de Dybowski (Kosmos, XXV, 1901) et de Korotnev (Biol. Centralblatt, XXI, 1901), résumés par R. Koehler, Revue Générale des Sc., XIII, 1902, p. 352.]

Paludines et à Unios de l'Europe (étage *levantin*) est japonais et chinois. Fuchs indiquait, en outre, que les Mélanopsides, dont le rôle dans l'étage pontique est si important, n'ont pas dans l'Asie Orientale de représentants analogues, et qu'il faut aller jusqu'en Nouvelle-Calédonie pour les trouver. Il qualifiait le Baïkal d'« avant-poste extrême, du côté du Nord, d'un monde malacologique continental riche en formes singulières, qui a dû peupler les eaux douces des régions situées au Sud et à l'Est.[1] »

Bientôt après, Széchenyi et Lóczy rapportèrent de nombreux spécimens des coquilles du lac de Ta-li, et Neumayr put confirmer à son tour l'unité de la faune levantine d'eau douce en Europe, vers la fin de l'époque tertiaire, dans l'Asie Orientale et dans l'Amérique du Nord, de même que la distribution bien différente des deux genres *Melanopsis* et *Congeria*, qui caractérisent l'étage pontique[2].

Ainsi commençaient à se multiplier les indices d'après lesquels il semblerait que la faune du Baïkal, au moins en partie, ne vient pas du Nord, mais bien plutôt du Sud, de l'Est ou de l'Ouest[3].

Enfin, on a retrouvé dans les dépôts tertiaires de l'Europe les traces de types propres au Baïkal. Les premières indications à ce sujet sont dues à Bittner et se rapportent à un horizon assez ancien, celui des lignites de la Carniole; plus tard, Brusina décrivit, des couches pontiques de Croatie, le genre *Baglivia*, qui est très voisin de celui auquel Dybowski a donné le nom de *Liobaikalia*, et Lörenthey a retrouvé le même fossile dans les couches pontiques supérieures du Sud de la Hongrie[4].

R. Hoernes put démontrer la présence de semblables coquilles, à l'état remanié, dans un banc d'origine fluviatile intercalé dans

1. Th. Fuchs, *Ueber die lebenden Analoga der jungtertiären Paludinenschichten und der Melanopsismergel Südosteuropa's* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1879, p. 297-300).

2. M. Neumayr, *Ueber einige Süsswasserconchylien aus China* (Neues Jahrb. f. Min., 1883, II, p. 21-26).

3. R. Credner a déjà exprimé une opinion analogue; *Die Reliktenseen. Eine physisch-geographische Monographie* (Petermanns Mitteil., Ergänzungsheft Nr. 86, 1887, p. 17, 59; Ergänzungsheft Nr. 89, 1888, p. 25).

4. A. Bittner, *Die Tertiär Ablagerungen von Trifail und Sagor* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXXIV, 1884, p. 513). *Hydrobia* (*Goldewskia ?*) sp., voisine de *Godlewskia turriformis* Dyb.; p. 514, *Valvata* (?) *Rothleitneri*, espèce rappelant un peu par son mode d'ornementation *Valvata baikalensis* Gerst.; Brusina Spir., *Fauna fossile terziaria di Markusavec in Croazia* (Glasnik, Soc. hist. nat. Croatica, Agram, VII, 1892, p 113-210); Em. Lörenthey, *Neuere Daten zur Kenntniss der oberpontischen Fauna von Szegzárd* (Természetr. Füzet. Mus. Nat. Hungar., XVIII, 1895, p. 320, 1 pl.). Brusina signale en compagnie de *Baglivia* et des représentants typiques de l'étage pontique, comme *Melanopsis vindobonensis* et *Congeria subglobosa*, des formes de la Mer Caspienne, telles que *Caspia* (Mém. cité, p. 119).

les couches sarmatiques, et il rappela la fréquence des phoques dans ces mêmes dépôts. Hoernes arrivait en même temps à la conclusion que le Baïkal a reçu sa faune, non pas des mers du Nord, mais de la mer intérieure de la fin de l'époque tertiaire, bien que la communication avec celle-ci n'ait peut-être pas été directe[1].

L'état actuel de la science permet donc de constater, provisoirement, ce qui suit :

Des coquilles de l'étage levantin ont été trouvées près d'Omsk. Toutefois, dans la vallée du Danube, les formes rappelant celles du Baïkal se présentent, non dans les couches levantines, mais dans les couches pontiques et sarmatiques, et quelques traces lointaines descendent même plus bas. A côté de ces types, le Baïkal renferme d'ailleurs un grand nombre de formes spéciales, et, parmi les animaux des autres classes, quelques espèces indiquant une origine marine. Des héritages de seconde et de troisième main sont réunis dans le Baïkal.

Quoi qu'il en soit, on voit que quelques espèces de l'époque pontique, et peut-être aussi de l'époque sarmatique, se sont maintenues dans cette partie de la Sibérie jusqu'à l'époque actuelle, et, selon toute probabilité, les profondeurs du Baïkal leur ont servi de refuge. Les tableaux de Drijenko montrent qu'à 25 sagènes (45 m.) la température est d'environ 4° C., mais qu'à 500 sagènes (914 m.) elle ne descend pas au-dessous de 3°,4 C.[2].

Il y a donc lieu d'admettre que le Baïkal existait déjà vers la fin de l'époque tertiaire.

Ces considérations, et en particulier les rapports de faune entre Omsk et Ta-li, nous amènent à nous poser un certain nombre de questions qui se rattachent à l'histoire du continent de l'Angara pendant les dernières époques géologiques.

F. von Richthofen supposait que l'emplacement actuel du Gobi, entre 75° 30′ et 114° 30′ de long. E. environ, a été recouvert jadis par une nappe d'eau dont le plus grand diamètre aurait été comparable à celui de la Méditerranée d'Europe. Avec de pareilles dimensions, on ne pouvait guère songer qu'à un bras de mer, et Richthofen rapprocha cette hypothèse du nom chinois de *Han-haï* ou « Mer desséchée ». Dans l'Ouest, autour de Kachgar, Yarkend et

1. R. Hoernes, *Sarmatische Conchylien aus dem Oedenburger Comitat* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLVII, 1897, p. 74, 75), et *Die Relictennatur der Fauna des Baikalsees* (Ibid., p. 89-94). C'est ici qu'intervient la distinction, faite par Penck, entre une *faune résiduelle* et un *lac résiduel* (Reliktenfauna, Reliktensee).

2. Drijenko, Mém. cité, p. 241.

Kéria, Richthofen fut conduit par l'allure des sédiments à attribuer à la ligne de rivage de cette mer une altitude d'environ 1 500 mètres, et de 1 200 mètres dans l'Est[1].

Les observations faites depuis ont montré que ces dépôts possèdent une extension encore plus grande, notamment dans le bassin supérieur du Hoang-ho, et qu'ils atteignent dans les parties montagneuses des altitudes encore plus fortes. D'ordinaire, ce sont des conglomérats à grain fin d'un rouge brunâtre, des grès tendres, jaunes et rouges, des argiles rouges, et aussi du gypse et du sel, dont la présence ne pouvait que donner plus de force à l'hypothèse d'une origine marine. Un exemple bien connu est celui du *Mazar-Tagh*, sur le Khotan-Daria, qui s'élève à environ 500 pieds [150 m.] au-dessus des plaines environnantes. D'après Prjévalsky et Dalgleish, cette haute colline est formée de deux arêtes, constituées par une argile rouge avec de l'albâtre; elle représente sans doute un « témoin » de sédiments qui ont dû avoir une très grande extension[2]. Dans le Gobi oriental, les dépôts de cette série forment des tables horizontales aux contours très nets, appelées *Biel* ou « socles », et au-dessus desquelles se dressent les restes des chaînes de montagnes qui, jadis, étaient baignées par les eaux.

Le profond sillon que le Hoang-ho a creusé, en amont de Lan-tchéou-fou, dans ces dépôts, qui sont à l'état de couches rouges horizontales, gypsifères, et dont l'épaisseur atteint 3000 pieds [900 m.], a été décrit par Prjévalsky, Lóczy et d'autres voyageurs. Obroutchev a montré qu'on peut les suivre très haut dans les vallées du Nan-Chan, d'une part, et qu'ils pénètrent dans le Tsaïdam, tandis qu'ils atteignent Min-tchéou, dans le Kan-sou méridional, de l'autre[3].

Les fossiles sont très rares dans ces dépôts. Lóczy a signalé la présence dans la vallée du Weï-ho, près de Tsing-tcheou (à l'Est de 160° long. E.), du *Stegodon insignis*, espèce de la faune des Siwaliks, et recueilli dans les gorges du Hoang-ho, dont il vient d'être question, des Bithynies et des Limnées d'aspect actuel, ainsi que des restes de Mammifères. Aussi ce savant a-t-il exprimé l'opi-

1. F. Freiherr von Richthofen, *China. Ergebnisse eigener Reisen und darauf gegründeter Studien*. In-4°, Berlin, I, 1877, p. 24, 25.

2. E. Delmar Morgan, *On the Orography of Northern Tibet* (Supplementary Papers R. Geogr. Soc. London, III, Part 1, 1890, p. 13); voir aussi Sven Hedin, *Durch Asiens Wüsten*, in-8°, Leipzig. 1899, I, p. 328. C'est au Nord de ces collines que Sven Hedin assista à la destruction de sa caravane et qu'il faillit lui-même perdre la vie.

3. Obroutchev, *Esquisse orographique du Nan-Chan*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXX, 1894, p. 98), et *Esquisse du Nan-Chan central*, r. (Ibid., p. 723, 727 et suiv.)

nion que ces dépôts ne sont pas d'origine marine, bien qu'il y ait trouvé non seulement du gypse et du sel, mais aussi de la kiesérite. Toute la haute région qui s'étend d'un côté jusqu'au Lingzithang, et de l'autre, vers le Sud, jusqu'au delà du Yun-nan, peut-être jusqu'au Hundes, dont Griesbach a décrit les formations d'eau douce, portées à une altitude si considérable, — toute cette région, lors de la formation des terrains rouges du Hoang-ho supérieur et du Weï-ho, aurait été occupée par de vastes lacs sans écoulement. Le Koukou-Nor et les lacs salés actuels du Tibet en seraient les restes[1].

Cette opinion a trouvé un sérieux appui dans une découverte d'Obroutchev : sur la route d'Ourga à Kalgan, au voisinage du plateau du Khouldyin-Gobi et à 25 kilomètres au S.S.E. du lac salé Iren-Dabassoun-Nor (par 43° 30′ de lat. N. et 112° de long. E. environ), l'explorateur russe a recueilli, à la butte Djadjin-Chanda, les restes d'un Rhinocéros ou d'un Acérathérium, appartenant à la faune du Tertiaire moyen ou supérieur[2].

Les formations d'eau douce si développées en Amérique, dans la région des Montagnes Rocheuses, ont été l'objet d'interprétations divergentes que Davis a bien mises en relief. De fait, la présence de bancs de gypse n'indique pas un climat humide, mais bien un climat sec, analogue au climat actuel. Il est certain qu'on doit attribuer un rôle à des causes très diverses, aux eaux courantes, aux cônes de déjection et aux agents atmosphériques, en particulier sur le bord des plaines et peut-être aussi dans les « Biel » des montagnes désertiques[3]; Penck a d'ailleurs insisté sur ce point, en proposant le terme de « formations continentales ».

En Asie, les produits d'évaporation comprennent non seulement du gypse et du sel, mais même, au nombre des termes

1. L. von Lóczy, *Die wissenschafttlichen Ergebnisse der Reise des Grafen* Béla Széchenyi in *Ostasien, 1877-1880*, in-4°, Wien; I, 1893, p. 822-827; III, 1899, p. 212-215; C. L. Griesbach, *Geology of the Central Himálayas* (Mem. Geol. Survey of India, XXIII, 1891, p. 82-87); les Mammifères fossiles du Hundes se trouvent à 14 000 ou 15 000 pieds [4300-4 600 m.] au-dessus de la mer.

2. Ed. Suess, *Ueberreste von Rhinoceros sp. aus der östlichen Mongolei, mit Anmerkungen von* W. Obrutschew (Verhandl Russ.-k. Mineralog. Ges., 2. Ser., XXXVI, 1899, p. 171-180); V. Obroutchev, *L'Asie Centrale, le Nord de la Chine et le Nan-Chan* (r.), édité par la Soc. Imp. Russe de Géogr.; in-4°, St.-Pétersbourg, I, 1900, p. 88 et suiv.

3. W. M. Davis, *The Freshwater Tertiary Formations of the Rocky Mountain Region* (Proc. Amer. Acad. of Arts and Sciences, XXXV, 1900, n° 17, p. 345-373): A. Penck, *Morphologie der Erdoberfläche*, in-8°, Stuttgart, 1894, II, p. 24-36. [Voir aussi J. H. Smith, *The Eocene of North America west of the 100th meridian* (Journ. of Geol., VIII, 1900, p. 467-471); W. D. Matthew, *Fossil Mammals of the Tertiary of North-Eastern Colorado* (Mem. Amer. Mus. Nat. Hist., New York, I, pl. VII, 1901, p. 359-368).]

ultimes, de la kiesérite. D'un autre côté, on doit reconnaître que la présence de grands animaux terrestres implique une certaine végétation et, par conséquent, une humidité relative.

Nous pouvons conclure, avec quelque assurance, que les dépôts dits du Han-haï ou du Gobi ne sont pas des dépôts marins, et que, pendant une période fort longue, en particulier pendant certaines époques de l'ère tertiaire, des lacs d'eau douce de dimensions extraordinaires, ayant pour cortège un grand nombre de lacs plus petits, ont occupé une grande partie de l'Asie; ces lacs, en partie privés d'écoulement, étaient soumis à des fluctuations de niveau dépendant des circonstances climatiques. Les magnifiques feuilles d'*Aralia*, provenant des dépôts tertiaires du Groenland, que Nathorst a déposées au musée de Stockholm n'accusent guère de contraste plus tranché, entre le passé et le présent, que les restes de grands Mammifères herbivores recueillis dans les marnes horizontales du Khouldyin-Gobi.

Des perspectives pleines d'intérêt s'ouvrent ici pour la science. Tel est, d'une manière générale, le problème de l'origine de la coloration en rouge, problème qui se pose pour le Rothliegende et les terrains analogues. En ce qui concerne la faune, on peut toutefois reconnaître, dès à présent, les éléments suivants :

a) Les restes conservés dans le Baïkal depuis l'époque sarmatique ou pontique, ou peut-être même depuis une époque antérieure; *b*) les restes de l'époque levantine, âge des couches d'Omsk, conservés dans le lac de Ta-li; *c*) les formes européennes qui, dans le bassin supérieur de l'Amour, viennent se rencontrer avec les formes chinoises; et *d*) la faune proprement dite de l'Asie Intérieure, caractérisée par ses Cyprinidés spéciaux.

5. Bordure occidentale du Baïkal. — L'étroit liséré de terrains anciens qui borde le Baïkal à l'Ouest est, du moins dans la partie située au Nord de l'Angara, un horst d'une espèce toute particulière, car il est limité par deux failles d'origine différente et d'âge différent. La cassure occidentale est une faille d'affaissement remontant à une époque très ancienne, peut-être précambrienne, qui recoupe sans manifester aucun rapport avec leur direction les plis précambriens. La cassure orientale coïncide en partie avec la rive ouest de la moitié nord et de la moitié sud du lac; elle apparaît bien plutôt comme résultant d'une tension, et ne se montre pas aussi absolument indépendante de l'allure des plis. Ce horst étroit est le seul fragment qui soit resté visible des

parties internes du faîte, et en même temps le seul point où l'on puisse conserver quelque espoir de se renseigner sur les rapports mutuels des deux directions des plis précambriens.

La source principale pour la connaissance de ce territoire demeure toujours, en dépit de quelques travaux plus récents, la série des mémoires de Tchersky, et en particulier sa carte géologique du Baïkal (fig. 10) [1].

Examinons d'abord la constitution des rives.

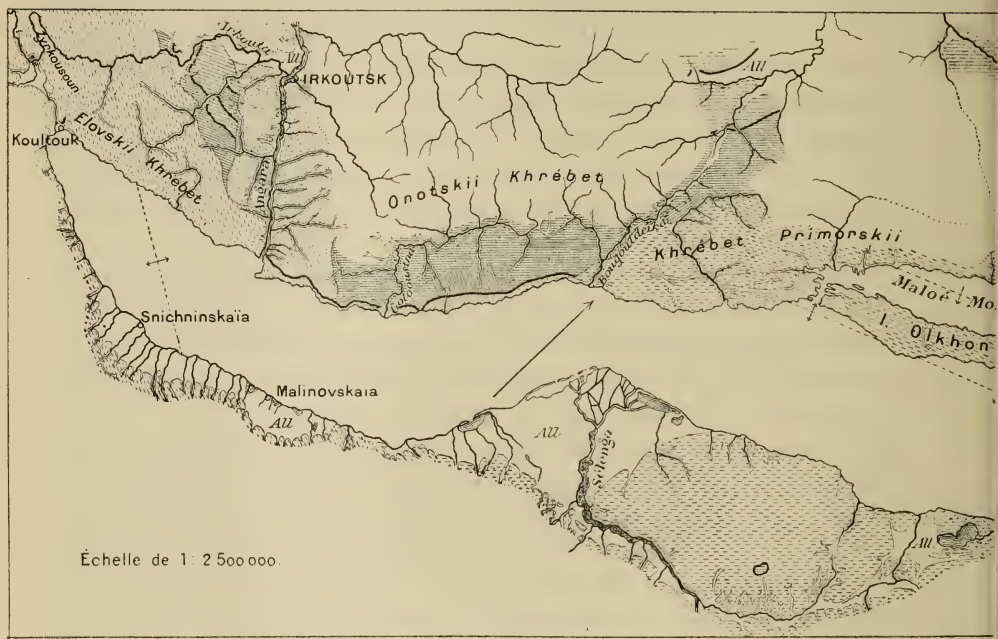


Fig. 10. — Géologie des

1. Archéen; 2. Silurien inférieur; 3. Silurien supérieur; 4. Dévonien; 5. Couches de l'Ar
Les lignes ponctuées indiquent la dire

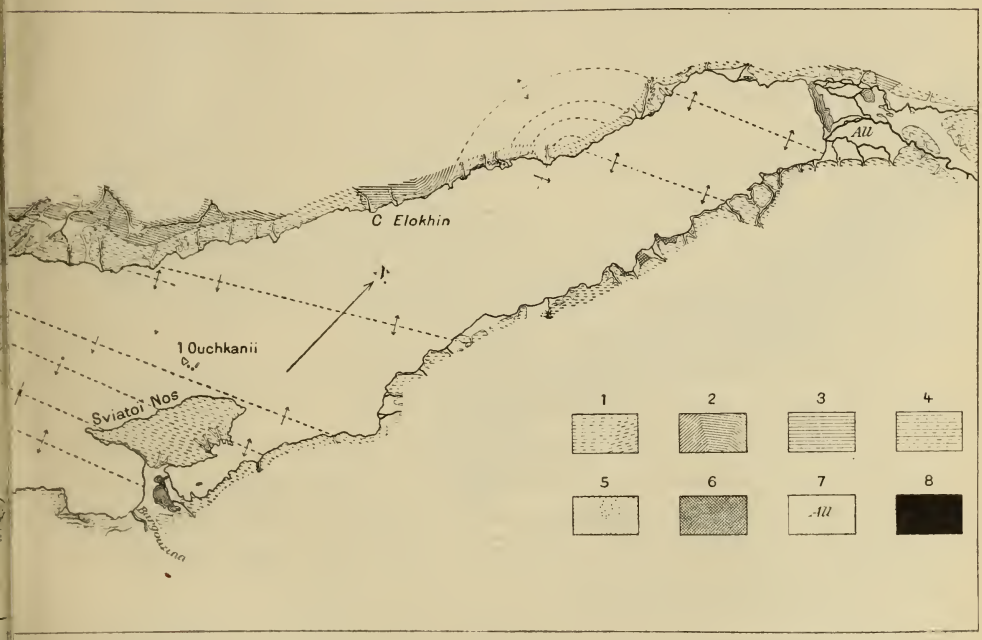
Près de Koultouk, à l'extrémité sud-ouest du lac, abstraction faite du basalte que nous avons déjà signalé, des roches archéennes affleurent le long de la rive. Elles forment l'*Elovskii Khrébet*, qui est un prolongement des Alpes de Tounkinsk; la vallée d'érosion récente de l'Irkouta traverse ce chaînon, dont les roches archéennes dessinent encore un étroit liséré le long du cours supérieur de l'Angara.

La série de l'Angara, directement superposée à ces roches, arrive alors au bord du lac. Ses couches inférieures renferment des

1. Publiée par Mouchkétov ([Zapiski Soc. Imp. Russe de Géogr., XV, n° 3, 1886, et] Matériaux pour la Géologie de la Russie, XIII, 1889).

conglomérats aurifères, avec blocs de 0m,50 de diamètre. Les couches de l'Angara montent jusqu'à 384 mètres au-dessus du lac et sont coupées brusquement par des falaises dont le pied descend à une grande profondeur. Ces couches plongent 50° S.S.W.[1].

Bientôt se montrent des terrains paléozoïques, prolongement du large et haut massif des Monts Onot, et ceux-ci disparaissent rapidement à leur tour, tandis que les terrains archéens d'un chaînon rocheux et escarpé, le *Primorskii Khrébet*, s'avancent jus-



aïkal, d'après Tchersky.
sique) : 6. Lignites tertiaires; 7. Dépôts lacustres, alluvions (Quaternaire); 8. Laves basaltiques.
lis, les traits pleins les failles.

qu'au lac. Ce chaînon correspond précisément au horst occidental dont nous venons de parler. Il atteint 4500 pieds (1372 m.) au-dessus du Baïkal, soit 1884 mètres au-dessus du niveau de la mer, et ses versants, dont la pente est extraordinairement rapide, prolongés jusqu'au fond de la cuvette lacustre, ont donc une hauteur totale de 2600 à 2800 mètres. La source de la Léna est située tout près du bord occidental de ce horst; l'île Olkhon, qui s'élève de même jusqu'à 800 mètres au-dessus du lac et forme un chaînon escarpé, vient s'y rattacher.

1. Tchersky, dans l'édition russe de K. Ritter, *Géographie de l'Asie. Sibérie Orientale, Lac Baïkal et Transbaïkalie*, r., in-8°, II, 1895, p. 163.

Plus au Nord, la largeur du Primorskii Khrébet diminue. Il ne reste plus désormais le long du lac qu'un étroit liséré archéen; enfin, au Cap *Elokhin* (vers 54° 35′ de lat. N.), les sédiments paléozoïques atteignent une seconde fois la rive, mais bientôt les terrains archéens reparaissent et se maintiennent jusqu'à l'extrémité septentrionale du lac.

Les données suivantes sur la direction des plis précambriens sont empruntées, sauf indication contraire, aux travaux de Tchersky.

Dans l'Elovskii Khrébet règne, comme dans les Alpes de Tounkinsk, la direction du Saïan, W.N.W. Encore au Cap Baklanii, à peu de distance de l'Angara au Sud, Iatchevsky a trouvé la direction N. 320-330° W. dans le gneiss, vertical, puis, son allure devenant indécise, une direction presque méridienne, avec plongement à 40° E.; enfin, sur l'Angara, la direction N.W. reparaît dans un calcaire cristallin[1].

Ensuite vient l'espace au Nord de l'Angara, où les roches archéennes cessent de se montrer. Quand elles reparaissent, dans la partie méridionale du Primorskii Khrébet, la direction méridienne se manifeste avec une netteté croissante.

A l'embouchure de la Golooustna (à 40 verstes au Nord de l'Angara), le gneiss affecte une direction N.N.W. ou N., avec plis étroits, verticaux, et cette direction se maintient sur une grande distance. Déjà, quand sur la Bogouldeïka (à 100 verstes de l'Angara) le Primorskii Khrébet augmente de largeur, la direction dite du Baïkal, E.N.E. ou N.E., est acquise, puis elle règne à travers l'île Olkhon et dans tout l'Est.

La direction du Baïkal se montre alors, comme on peut le déduire des observations d'Ijitzky, sur toute la côte ouest du Maloé Moré[2]. Beaucoup plus au Nord, vers l'extrémité septentrionale du bassin, Tchersky a encore figuré deux directrices qui recouperaient le lac; mais quelques déviations, qui n'ont peut-être qu'une importance locale, ne permettent pas d'adopter pour la rive ouest un dessin aussi arrêté.

Limitons notre examen à la partie la mieux connue, de Koultouk jusqu'à l'extrémité septentrionale du Maloé Moré, ce qui représente une distance d'environ 320 verstes (343 kilom.); cet espace comprend deux régions principales, l'une à l'Ouest (direc-

1. L. Jaczewski, *Explorations géologiques le long du Transsibérien au Sud du lac. Baïkal*, r. f. (Explor. Ch. de fer de Sibérie, VII, 1898, p. 2-6.)

2. N. Ijitzky, *Recherches géologiques au gouv. d'Irkoutsk en 1895*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, VII, 1898, p. 113-153, carte).

tion du Saïan, ou W.N.W. et N.W.) et l'autre à l'Est (direction du Baïkal ou E.N.E. et N.E.), la première s'étendant jusqu'à l'Elovskii Khrébet et la seconde pénétrant dans ce domaine par l'île Olkhon; et *entre ces deux régions principales, les plis se resserrent en prenant plus ou moins la direction du méridien.*

Le tracé des divers plis, dans le Primorskii Khrébet, présente, d'après la carte de Tchersky, une légère courbure du N.E à l'E.N.E. à partir de cette région centrale, ce qui aboutit presque à la direction de l'île Olkhon. De celle-ci nous possédons une description récente, due à Obroutchev (fig. 11). Les bandes de gneiss, de schistes

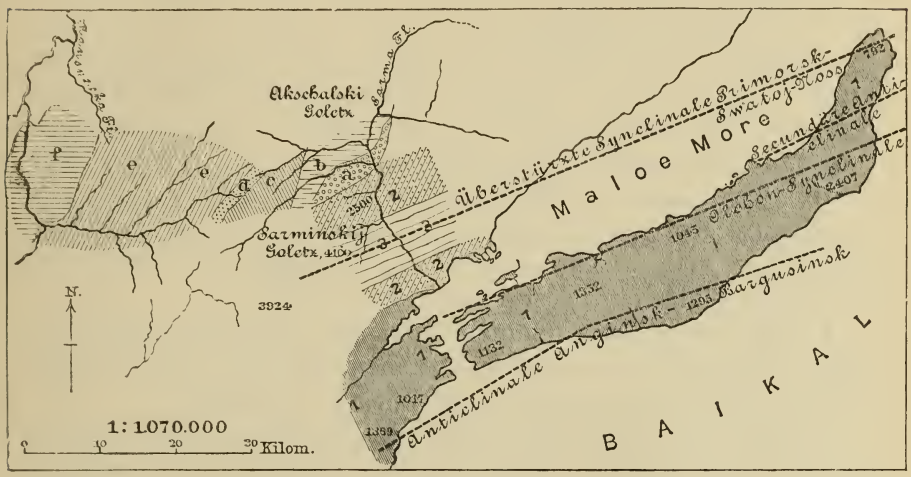


Fig. 11. — L'île Olkhon, d'après Obroutchev.

1, 2, 3. Terrains archéens; *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, Schistes métamorphiques; *f*, Calcaire cambrien. Hauteurs en pieds anglais au-dessus du niveau du Baïkal.

anciens et de calcaire cristallin permettent d'y reconnaître la présence de deux longs anticlinaux dirigés E.N.E., obliquement au lac, et de deux synclinaux. Ces plis croisent sous un angle aigu le Maloé Moré et l'île Olkhon, et aboutissent ensuite, au Sud du Sviatoï Nos et dans ce promontoire, comme le croyait du reste Kropotkin, à la rive orientale et aux Monts Bargousin.

Dans l'île Olkhon, les plis sont fortement redressés, et le synclinal qui traverse le Maloé Moré, ainsi que Tchersky l'a reconnu et qu'Obroutchev a pu le vérifier, est *renversé vers le N.N.W.*; ses couches plongent au S.S.E. [1].

1. K. Ritter, *Géographie de l'Asie. Sibérie Orientale, Lac Baïkal et Transbaïkalie*, éd. russe, II, p. 149, 232, 456, 464, 480; pour le Nord, même ouvr., II, p. 514, 589. En limitant le renversement au synclinal du Maloé More, je suis la description détaillée

Les faits que l'étude du Primorskii Khrébet met en évidence sont si importants qu'il y a lieu d'y revenir en quelques mots.

Dans ce horst étroit, les plis précambriens ayant la direction du Saïan arrivent en contact avec ceux qui ont la direction du Baïkal. La roche dominante est un gneiss amphibolique. A mesure que les deux faisceaux se rapprochent, les plis prennent une direction voisine de celle du méridien, et la jonction se fait à 50 ou 100 verstes environ au Nord de l'Angara, où l'allure N.-S. est la même de part et d'autre. Cette circonstance indique une compression dirigée vers l'axe du faîte.

En même temps l'on reconnaît, à l'île Olkhon, un pli synclinal renversé vers l'intérieur.

Les plis primitifs du faîte sont par conséquent resserrés vers l'intérieur. Ils sont coupés, sur le bord ouest du Primorskii Khrébet, par une cassure orientée à peu près N.N.E. qui est absolument indépendante de la direction de ces plis archéens. Par contre, cette faille est déterminante pour la direction des plis marginaux cambriens et siluriens, qui courent avec elle au N.N.E. sans dévier mais qui précisément, sur ce trajet, sont aussi renversés vers l'intérieur, c'est-à-dire vers le N.W.

Les plis marginaux indiquent de même un rétrécissement en surface, mais l'axe de ce rétrécissement serait situé plus à l'Ouest, suivant la ligne médiane de l'amphithéâtre d'Irkoutsk.

Le bord oriental du Primorskii Khrébet, qui forme la rive ouest du Baïkal, est, comme les rives de l'île Olkhon, d'âge beaucoup plus récent : il fait partie du système des crevasses ou lignes disjonctives du faîte, qui appartiennent à une époque toute moderne.

6. Montagnes situées au Sud du Baïkal. — Entre la Sélenga et l'extrémité méridionale du Baïkal, puis, en allant vers l'Ouest, jusqu'aux hautes montagnes qui s'étendent au Nord du lac Kossogol, on observe un phénomène qui paraît être étranger à la partie orientale du faîte dont il a été question jusqu'à présent. C'est l'existence de lambeaux de nappes basaltiques au sommet d'un grand nombre des « goltzi » culminants. Il y a lieu de croire,

qu'Obroutchev a donnée des plis de l'île Olkhon; voir ses *Observations oro-géologiques sur l'île Olkhon et l'Ouest du Pri-Baïkal*, r. (Gornyi Journal, 1890, III, p. 429-457, cartes). Pour la succession des couches, consulter aussi W. Obrutschew, *Ein Ausflug in das goldführende Gebiet der Flüsse Sarma und Ilikhta im westlichen Baikalgebirge*, r. a. (Izviestiia Section Sibérie Orientale Soc. Imp. Russe de Géogr., XXVIII, n° 1, 1897, p. 1-24, carte); l'auteur distingue, entre le granite gneissique laurentien d'Olkhon et la série cambrienne et silurienne, une série huronienne.

d'après tous les faits actuellement connus, que ces nappes sont antérieures à une notable partie des vallées actuelles, creusées profondément dans le substratum archéen. D'autre part, quelques observateurs, et en particulier Iatchevsky, ont constaté que certaines coulées basaltiques remplissent les vallées actuelles et que parfois même elles recouvrent les alluvions aurifères qui en occupent le fond. Ces observations, contradictoires en apparence, doivent sans doute s'expliquer par une hypothèse qui a déjà été indiquée, et d'après laquelle la période des éruptions basiques en Sibérie aurait embrassé une durée très longue. Les cônes de scories modernes, que l'on rencontre çà et là, ne nous permettent pas même de considérer cette période comme terminée.

De cette façon, le creusement des vallées, dans ces montagnes, a été détourné et interrompu à plusieurs reprises. C'est ce qu'atteste le lambeau de coulée basaltique déjà signalé à Koultouk, vers l'extrémité sud du Baïkal, de même que la puissance de l'érosion dans cette contrée est mise en lumière par la gorge profonde et tortueuse de l'Irkouta, dont ce barrage a déterminé la formation à travers l'Elovskii Khrébet. Si, en suivant le cours de l'Irkouta, on se dirige vers l'origine de la gorge, on arrive à un élargissement de la vallée, et l'ancien lit de l'Irkouta, actuellement occupé par la Koultouchna, tourne à l'Est dans la direction de Koultouk, interrompu seulement par un seuil de partage peu élevé. Un grès avec troncs d'arbres et cailloux de basalte, dont l'âge est probablement tertiaire, affleure au bord de cette plaine; il est surmonté de laves basaltiques, qui atteignent une hauteur considérable au-dessus du Baïkal. Dans la dépression, on observe des terrasses jusqu'à 214 mètres au-dessus du lac et 99 mètres au-dessus de l'Irkouta. Ce sont les laves, d'après Tchersky, qui ont détourné l'Irkouta[1].

La voie du chemin de fer transsibérien pénètre, à partir d'Irkoutsk, dans le bassin de l'Irkouta et traverse en suivant une gorge la crête de Zyrkousoun, dont les roches archéennes se dirigent W.N.W. et N.W., et dont une nappe de basalte couronne la cime culminante, à 1610 mètres d'altitude (1098 m. au-dessus

1. Édition russe de K. Ritter, *Géographie de l'Asie. Sibérie Orientale, Lac Baïkal et Transbaïkalie*, etc., I, p. 128, 145; II, p. 2, 14; voir aussi Tchersky, *Le contrefort d'Elov*, r. (Izviestiia Section Sibérie Orientale Soc. Imp. Russe de Géogr., VI, n° 4, 1875). Vélain désigne les laves du Baïkal sous le nom d'andésite augitique à labrador; Ch. Vélain, *Notes géologiques sur la Sibérie Orientale, d'après les observations faites par M.* Martin (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XIV, 1885-86, p. 164).

du Baïkal). Elle atteint ensuite, en longeant la Koultouchna, dans l'ancien lit de l'Irkouta, l'extrémité méridionale du lac[1]

Il ressort de la description de la vallée de la *Djida* donnée par Iatchevsky qu'il existe une fosse au nord du cours inférieur de cette rivière. Cette fosse forme, selon toute probabilité, le prolongement des fosses réunies du Lac des Oies et du Tougnoui. La Djida franchit elle-même une croupe granitique, élevée de 218 mètres, pour atteindre la large vallée de la Sélenga; mais au Nord, en amont de cette croupe granitique, se trouve une cuvette allongée de l'E. à l'W. au fond de laquelle gisent les deux lacs Ourt-nour et Khoitou-nour. Leur surface est à 40 mètres en contre-bas de celle de la Djida. Du granite forme le bord sud de la cuvette et du porphyre le bord nord; à la limite entre ces deux roches affleure une traînée de basalte.

On retrouve encore la bande porphyrique à environ 75 verstes plus en amont, au Nord de la Djida[2].

Une coupe transversale que Iatchevsky a menée de la haute Djida à la rive méridionale du Baïkal, met en évidence les faits suivants :

A partir du poste de Khamneïsk, sur la Djida (933 m.), on monte le long de la Khamneï sur du basalte. Les montagnes plus élevées sont formées de granite, de porphyre et d'une sorte de wacke, et aussi de calcaire (direction N. 290 à 320° W.). A partir du sommet gneissique de l'Oulgyt (direction 330°), on descend jusqu'à la rivière Sanghiné, dont le lit est occupé par du basalte. Ensuite un nouveau col, situé sur le gneiss (1 874 m.), est dominé par des « goltzi » rocheux, qui se dressent à environ 200 ou 300 mètres plus haut; une muraille de gneiss extrêmement abrupte, ayant 480 mètres de hauteur, s'abaisse alors sur la vallée de la Sniéchnaïa, et au delà du cours supérieur de cette rivière on remonte péniblement, le long du Chibé, jusqu'au Chibanskii Goletz (2 041 m.). Là, dans la vallée du Chibé, à peu près à égale distance de la Djida et du lac, *le gneiss ne possède plus la direction du Saïan, mais bien la direction N.E., celle du Baïkal.*

Dans toute la vallée du Chibé, on ne voit pas de basalte, mais

1. L. Jaczewski, *Le tunnel de Zyrkousoune*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, XI, 1899, p. 1-12).

2. L. Jaczewski, *Explorations géologiques le long du Transsibérien au Sud du lac Baïkal*, r. f. (Explor. Ch. de fer de Sibérie, VII, 1898, p. 1-32; en particulier p. 6-9). La dépression doit être très marquée, car la carte russe à l'échelle de 40 verstes au pouce désigne le sillon E.-W. qui aboutit à ces lacs sous le nom de « Kholoï », nom donné par les Mongols, comme on le verra plus loin, à ces sortes de couloirs.

le sommet du goletz est formé d'une nappe basaltique dont l'épaisseur, sur le versant nord, n'atteint que 20 à 30 mètres. Le regard s'étend au loin sur de nombreux lambeaux tabulaires analogues; tous se montrent à peu près à la même hauteur, et c'est seulement à une grande distance au S.E. (110°) que l'on aperçoit une cime plus élevée, à arêtes vives, à laquelle les guides donnent le nom de Khorin-khoïté-dolghé, c'est-à-dire « l'oreille du chien noir », mais dont la position exacte n'a pu être déterminée. L'épanchement des coulées basaltiques paraît avoir eu surtout les vallées méridionales pour théâtre. Contentons-nous de dire qu'à partir du Chibé, la direction du Baïkal se maintient, mais qu'en un point, au Khonkhobi-Daban, du gneiss associé à des quartzites schisteux, verticaux, prend la direction E.-W. Au delà, sur les bords de la rivière Slioudianka, la direction est invariablement N.E.

Iatchevsky résume ses observations en disant que ces montagnes, qui s'abaissent en pente douce vers le Sud et en pente raide vers le Nord, sont formées de deux parties nettement distinctes : *une région septentrionale où règne la direction N.E., et une région méridionale où règne la direction N.W.* [1].

Pour apprécier à sa juste valeur l'œuvre extraordinaire des géologues russes, et en même temps pour ne pas perdre de vue l'échelle à laquelle on doit toujours se reporter dans ces sortes de comparaisons, il convient de rappeler que la longueur de cette coupe, entre le poste de Khamneïsk et la rive sud du Baïkal, est de 130 kilomètres, c'est-à-dire qu'elle équivaut à peu près à la distance qui sépare Pallanza de Lucerne. N'oublions pas qu'un peu plus au Nord, au tunnel de Zyrkousoun, la présence de la direction N.W. (Saïan) est certaine. Ces observations indiquent qu'il y a peu de chances de retrouver au Sud du Baïkal le noyau interne du faîte, caractérisé par une direction méridienne, dont les traces probables ont été signalées sur les pentes du Primorskii Khrébet. Il n'est pas encore possible, à l'heure actuelle, de se rendre un compte exact de la façon dont se comportent à leur contact, au Sud du lac, la direction du Baïkal (N.E. et E.N.E.), qui règne dans toute la partie orientale du faîte, et la direction du Saïan (NW. et W.N.W.), qui caractérise toute la région de l'Ouest. Il ressort nettement de l'exposé d'ensemble donné par Obroutchev que la direction

1. L. Jaczewski, Mém. cité, p. 9-14. D'après la carte russe à l'échelle de 40 verstes au pouce, le col de Chibetskaïa est situé à 65 verstes du point le plus rapproché de la Djida (près de Tsakirskaïa Karaoula) et à 60 verstes du point le plus rapproché de la rive du Baïkal (à l'Est de Koultouk).

du Baïkal se retrouve au Khamar-Daban, sur la rive gauche de la Sélenga, que, de plus, au Khrébet Borgoïskii, dans le prolongement du horst Tsagan-Daban, elle empiète sur la rive droite de ce cours d'eau, et qu'elle dépasse également la Sélenga dans les montagnes situées au Sud de la Djida, dans le prolongement du même Tsagan-Daban. Mais on constate en même temps que des déviations parallèles à la direction de Saïan se présentent déjà bien plus au Nord-Est, en particulier dans certaines parties du Khamar-Daban[1]. Les Monts Chondagar, situés au Sud-Est du Baïkal, à peu près sur le méridien de l'axe probable de compression maximum, sont, à ce que m'apprend M. Obroutchev, disloqués d'une façon si énergique et si confuse qu'il n'est guère possible d'y reconnaître, quant à présent, une direction maîtresse.

Les observations précitées de Iatchevsky nous ont permis de distinguer, entre l'extrémité sud du Baïkal et la frontière mongole, deux grandes zones d'une largeur à peu près égale, celle du Nord étant caractérisée par la direction du Baïkal et celle du Sud par la direction du Saïan. La zone septentrionale est difficile à suivre vers l'Ouest. Czekanowski signale seulement sur le cours moyen du Tibelti (affluent de droite de l'Irkouta) du gneiss dirigé E.N.E.; mais à Koultouk aussi bien qu'au Nord-Ouest, dans la gorge de l'Irkouta, et à l'Ouest, autour de Tounkinsk, la direction du Saïan a été constatée partout[2].

7. Saïan Oriental. — Le *Saïan* est représenté d'ordinaire comme une chaîne de montagnes ayant la forme d'un crochet, dont les deux branches, le *Saïan Oriental* ou *Ergik-Targak-Taïga* et le *Saïan Occidental* ou *Khabin-Dabata*, convergent au Nord et viennent se réunir un peu à l'Est du 96e méridien. Les études récentes ne sont pas en harmonie avec cette conception, et nous considérerons ici les deux branches dont nous venons de parler comme des chaînes de montagnes distinctes. De fait, l'on constate que le Saïan Oriental possède, au delà du 96° de long. E., un prolongement autonome dont la direction reste la même, W.N.W. C'est ainsi que, d'après Ijitzky, le col qui fait communiquer à travers ce prolongement le versant de la Kana et celui du Petit Agoul atteint encore

1. W. Obroutchew, *Recherches géologiques dans la Transbaïkalie sud-occidentale en 1897*, r. f. (Explor. Ch. de fer de Sibérie, XVIII, 1899, p. 25).

2. Czekanowski, dans l'éd. russe de K. Ritter, *Géographie de l'Asie, Sibérie Orientale*, etc., I, 1894, p. 108; autres renseignements sur la gorge de l'Irkouta, I, p. 127; pour Koultouk, II, p. 13, etc. Les données sur la vallée de l'Ospa sont très contradictoires.

2393 mètres. Dans les montagnes neigeuses du bassin supérieur de la Kana, qui en font partie, plusieurs cimes dépassent 6000 pieds [1 800 m.]; la chaîne se poursuit alors en diminuant d'altitude, mais en conservant une largeur notable, dans la direction de la rivière Mana; elle est ensuite coupée par le Iénisséi, à peu de distance au Sud de Krasnoïarsk, puis se redresse au delà de ce fleuve pour former les collines de Gremiatchin et disparaît enfin sous les dépôts récents avant d'atteindre la route postale, près d'Atchinsk.

C'est là seulement que se termine l'alignement du Saïan Oriental, qui se prolonge sur un millier de kilomètres.

Dans ce paragraphe, il ne sera question que du Saïan Oriental ou Ergik-Targak et de ses prolongements, et non du Khabin-Dabata.

Les altitudes sont beaucoup plus fortes qu'en Transbaïkalie, mais les terrains sont les mêmes. Une division inférieure comprend des gneiss, des granites et des roches amphiboliques, une division supérieure comprend, outre des roches gneissoïdes, des micaschistes, des schistes talqueux et chloriteux et des serpentines, puis de la *Baïkalite*, c'est-à-dire un calcaire grenu à pyroxène, type très répandu dans la région. Il faut ajouter à cette liste des intrusions postérieures de granite et de syénite, des filons de diorite, et les laves basaltiques qu'on observe dans un grand nombre de localités.

Des environs du goletz de Chibé, dont nous avons donné la description d'après Iatchevsky, de hautes montagnes servant de ligne de partage entre la Sélenga et l'Irkouta courent à l'W.N.W. et portent vers l'extrémité Nord du lac Kossogol le sommet culminant du Saïan Oriental, le *Mounkou-Sardyk*, dont l'altitude est de 3 400 mètres. En partant de ce massif, le Noukhou-Daban, qui sépare l'Irkouta de l'Oka, marque la jonction avec les *Alpes de Tounkinsk*. Au N.N.W., la crête de l'Ilteï-Daban aboutit aux *Alpes du Kitoï*. A l'W.N.W., l'Ergik-Targak se prolonge en jouant le rôle de ligne de faîte entre l'Angara et l'Oulou-Kem; les cotes y dépassent souvent 7000 pieds [2133 m.].

Le Mounkou-Sardyk n'est accessible que par le Sud; Radde s'y est élevé jusqu'à environ 60 pieds [18 m.] au-dessous du sommet; Peratoltchin l'a gravi en 1896. Des laves basaltiques prennent part à la constitution de ses contreforts méridionaux. Un fragment d'une coulée fort vaste forme la montagne tabulaire du *Iangit;* il est assez singulier de constater dans les roches anciennes du Iangit la direction E.N.E., celle du Baïkal. Radde a franchi le Iangit et y a

trouvé du calcaire et du granite, et, plus haut, du granite et de la syénite[1]. Iatchevsky fait remarquer que les montagnes situées à l'Est du Kossogol ne s'élèvent qu'à 200 ou 250 mètres au-dessus du lac, dont la surface se trouve à environ 5 300 pieds (1 615 m.), tandis que les montagnes situées à l'Ouest sont beaucoup plus élevées. La rive occidentale correspondrait à une cassure. La partie nord du

Fig. 12. — Goletz couronné de laves basiques, sur la rive droite du Tsagan-Khari (affluent de gauche du Kitoï; partie orientale des goltzi de l'Ospa). — D'après une photographie communiquée par M. Iatchevsky.

lac est dans le granite et les schistes cristallins, la partie sud dans du calcaire, et nous verrons plus loin que ce calcaire se prolonge à une grande distance dans la direction des Monts Tannou-Ola. Du

1. G. Radde, *Berichte über Reisen im Süden von Ost-Sibirien ausgeführt in den Jahren 1855 bis incl. 1859* (Beiträge zur Kenntniss des Russischen Reiches, herausgegeben von Baer und Helmersen, XXIII, 1861, p. 96); éd. russe de K. Ritter, *Géographie de l'Asie. Sibérie Orientale*, etc., I, p. 46, 50; S. P. Peratoltchin, *Ascension du Mounkou Sardyk pendant l'été de 1896*, r. (Izviestiia Section Sibérie Orientale Soc. Imp. Russe de Géogr., XXVIII, 1897, p. 270-279, carte.)

basalte et du trachyte apparaissent en plusieurs endroits au voisinage du lac[1].

Tchersky a depuis longtemps reconnu que dans les hautes montagnes qui, au Nord, font face au Mounkou-Sardyk, la forme extérieure ne concorde pas avec la structure. Les vallées ont été formées par l'érosion et recoupent la direction des couches, qui ordinairement, mais pas toujours, s'orientent W.N.W. ou N.W. Parfois, d'ailleurs, il se produit le long des hautes croupes qui séparent les vallées, des arêtes obliques, à section triangulaire, dont

Fig. 13. — Nappes basaltiques surélevées, dans la région des sources de l'Ospa (les coulées successives sont en partie recouvertes de neige). — D'après une photographie communiquée par M. Iatchevsky.

la direction coïncide avec celle des roches. Dans les Alpes de Tounkinsk, une foule de sommets atteignent 8 000 pieds [2 400 m.], et les Alpes du Kitoï sont plus élevées encore[2].

1. L. Iatchevsky, *Rapport sur l'Expédition Prein-Iatchevsky; lettre datée de la mission de Mondin* (*Khanginskaïa Karaoula*), *5 juillet 1887*, r. (Izviestiia Section Sibérie Orientale Soc. Imp. Russe de Géogr., XVII, n° 3-4, 1886, p. 212-221, 1887).

2. Autant que je puis le conclure des données dont je dispose, la direction W.N.W. ou N.W. (celle du Saïan) a été constatée : dans la croupe de l'Elov et toute la partie adjacente des Alpes de Tounkinsk jusqu'au cours inférieur du Djemtchoug, en amont de Tounkinsk, sur les pentes du Saïan, et jusque dans la vallée de la Bogdachka (au Nord du Nilan-Saram), sur le versant septentrional des Alpes du Kitoï. Mais déjà, dans la vallée du Kitoïkin (au Sud du Nilan-Saram), puis dans la vallée du Khongoldeï dans les

Dans cette région du Kitoï, Tchersky a vu le premier, à son grand étonnement, des laves couronner le *Mounkou-Sagan-Khardyk* (ou Ospinskii Goletz). L'ascension a été tentée en compagnie de Hartung. L'Ospa fut franchie à 945 mètres; à 2050 mètres, les deux voyageurs atteignirent les yourtes d'été des Soïotes. Après avoir gravi des pentes de schistes talqueux et chloriteux, de roches analogues à des diabases et de calcaire grenu, ils arrivèrent à deux couloirs très élevés, aboutissant à une pointe de couleur sombre qu'on distinguait déjà du fond de la vallée. Là, à 2584 mètres, un conglomérat de blocs anguleux, dont quelques-uns sont en lave foncée, repose sur les tranches des bancs calcaires. Au-dessus vient une lave basaltique, qui forme la pointe tout entière. Sa stratification horizontale décèle les traces d'au moins huit coulées.

De l'une de ces corniches de lave, à 2640 mètres, nos voyageurs enfilaient du regard, vers le Nord, toute la vallée de l'Ospa; dans le chaos des cimes, ils distinguaient, à un niveau plus élevé que leur observatoire, des montagnes tabulaires répondant à une même nappe de laves horizontales, nappe profondément découpée et morcelée par les vallées actuelles.

L'altitude des pointes sombres fut évaluée à 9462 ou 9662 pieds (environ 2900 mètres). De loin, la cime culminante du massif avait l'aspect d'un dôme neigeux entouré d'une couronne de pointes[1].

C'est le même spectacle que nous avons signalé au Sud du Baïkal.

Au Nord-Ouest de ce sommet et des Alpes du Kitoï est situé le haut *Botogolskii Goletz*, et dans son voisinage immédiat, en pleine solitude, se trouvent les mines de graphite autrefois exploitées par un Français, M. Alibert. Il y a là une intrusion de syénite dans du calcaire, et le graphite se rencontre dans l'auréole de contact[2].

Alpes de Tounkinsk, et dans toute la coupe du Mounkou-Sagan-Khardyk dans les Alpes du Kitoï, cette fixité disparaît; et même, plus à l'Ouest, on a souvent observé la direction N.E. (celle du Baïkal), ou encore E.-W.

1. Édition russe de K. Ritter, *Géographie de l'Asie. Sibérie Orientale*, etc., I, p. 213 et suiv. Le lac Iltchir, situé à environ 40 verstes de ce point vers l'W.S.W., dans les montagnes du Kitoï, bien qu'il décharge ses eaux dans l'Irkouta, est de même encaissé dans ces plateaux de lave. La surface de contact atteint, comme on l'a vu, 2584 m. au Mounkou-Sagan-Khardyk et s'abaisse à 2266 m.; elle descend à 2180 m. autour du lac Iltchir, qui est bordé de roches archéennes, et à 2148 m. sur les flancs d'un sommet voisin portant le nom caractéristique de « Petite table » (Tchersky, dans Ritter, I, p. 246) — Pour une érosion de 300 m. dans les micaschistes depuis l'époque pliocène, avec couronnement de laves, voir M. Boule, Bull. Service Carte géol. de la France, n° 73, Tome XI, 1899-1900 : Comptes Rendus des collaborateurs pour 1899, p. 37 (129), et fig. 1, 2.

2. I. B. Auerbach, Bull. Soc. Imp. des Naturalistes de Moscou, XXIX, séance du 16 février 1856, p. 155-158 : description minéralogique du graphite; K. Ritter, *Géographie de l'Asie. Sibérie Orientale*, etc., r., I, p. 257 et suiv.; et surtout L. Jaczewski, *Le*

Au Sud de cette localité naît un sillon longitudinal très élevé, qui se prolonge sur 300 verstes au moins et où se rassemblent les eaux du versant nord du Saïan Oriental; des arêtes de partage secondaires le divisent en tronçons successifs, drainés par les grandes vallées transversales de l'Oka, de l'Ilia et de l'Ouda, qui se dirigent vers le Nord.

Au point où l'Oka, faisant un coude, sort de cette vallée longitudinale pour entrer dans sa vallée transversale, à 4300 pieds d'altitude [1310 m.], se trouve le poste d'Okinskii. Là, dans la vallée d'un affluent, le Djounboulak, entre des parois de granite et de calcaire, une coulée de basalte provenant des hautes montagnes descend jusque dans la vallée de l'Oka, à 25 verstes de ce poste. A une altitude de 6200 pieds [1890 m.], dans le bassin du petit cours d'eau qui porte le nom de Khikouchka, où les murailles rocheuses, atteignant 7200 pieds [2200 m.], sont formées de calcaire tandis que le fond de la vallée est en lave, Kropotkin a découvert un cône de scories et de lave poreuse d'environ 400 pieds [120 m.] de hauteur, avec une dépression en entonnoir au sommet. Une vallée voisine abrite un cône analogue. Kropotkin regarde l'un et l'autre comme des bouches d'éruption[1].

Plus au Nord-Ouest, les parties internes des hautes montagnes sont peu connues; mais à en juger par la structure des avant-monts, autant qu'elle a été étudiée par Hofmann et Ijitzky, notamment sur les bords de l'Ouda, il est vraisemblable que la direction générale, ici encore, est celle du N.W ou de l'W.N.W.[2]. Hofmann, en particulier, a constaté à une grande distance encore dans l'intérieur de la chaîne, dans la vallée d'une des branches supérieures du Koutar (affluent de gauche de la Birioussa), la Kamenka, la direction W.N.W. (*hora* 7 $^1/_2$), affectant des calcaires et des diabases, puis des taleschistes, des porphyres et des brèches porphyriques; cette vallée est située entre 96° et 97° de long. E., c'est-à-dire au voisinage de la région où l'on croyait que le Saïan Oriental s'infléchit pour passer au Saïan Occidental[3].

gisement de graphitite de J. P. Alibert au sommet du rocher Botolgosky (*Botogolsky-goletz*), r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, XI, 1899, p. 19-56).

1. *Géographie de l'Asie. Sibérie Orientale*, etc., I, p. 24 et suiv. Tchersky a jadis combattu cette opinion; mais comme on a découvert depuis, dans plusieurs localités de l'intérieur de la Sibérie, des points d'éruption, je ne vois aucun motif sérieux de doute.

2. E. Hofmann, *Reise nach den Goldwäschen Sibiriens* (Beiträge zur Kenntniss des Russischen Reiches, XII, 1847, p. 108, 117, 119, 123, 131, 140); N. Ijitzky, *Explorations géologiques le long du chemin de fer de Sibérie en 1894*, r. f. (Explor. etc., III, 1896, p. 80, 84, carte IV.)

3. Hofmann, Mém. cité, p. 140. Sur la haute Birioussa, quelques observations don-

Le versant sud du Saïan Oriental est très différent du versant nord. On n'y voit pas une bordure paléozoïque ou du moins une pente à peu près uniforme, comme sur le versant nord. On peut d'ailleurs y distinguer, jusqu'au Khabin-Dabata, trois grands bassins de réception, mais ils sont si élevés qu'ils font plutôt l'effet de dépressions accidentant une plate-forme commune, qui rattacherait le Saïan Oriental aux reliefs de la Mongolie situés plus au Sud.

Le premier bassin est celui du *Kossogol*, dont il a déjà été question. La surface de ce lac, comme on l'a vu, est à 5 300 pieds 1 615 m.] au-dessus de la mer.

Dans le second bassin, enveloppé par les contreforts méridionaux du Saïan Oriental, se trouvent, à plus de 5 000 pieds d'altitude [1 500 m.], le lac *Dod-Nor* et un lac plus petit, le Tourgo-Nor, l'un et l'autre, d'après Potanin, entourés d'une couronne de laves basaltiques, qui d'ailleurs ne s'étend pas au delà dans les environs. Des rochers de schiste et de calcaire percent à travers ces laves et leur font une ceinture. Le Chichkil, c'est-à-dire la branche tout à fait supérieure du Iénisséi, à la sortie du Dod-Nor, coule sur du basalte [1].

Le troisième bassin, la large cuvette d'*Ouriankhaïsk*, est arrosé par les affluents du Beï-Kem, également tributaire du Iénisséi par l'Oulou-Kem. Ce bassin qui, sur nos cartes, occupe l'espace compris entre le Saïan Oriental et le Saïan Occidental, a été exploré par Krylov et Saïtzev; il y aura lieu d'y revenir lorsque nous étudierons le cours supérieur du Iénisséi. Dans cette région se greffe sur la chaîne maîtresse du Saïan Oriental le puissant massif, aux cimes escarpées, de l'*Oulou-Taïga;* Krylov l'a vu, au mois d'août, tout couvert de neige, jusqu'au niveau des contreforts qui l'accompagnent au midi. Ces avant-monts, pour autant qu'on les connaît sont formés de gneiss (région des sources de l'Assas, 2 214 m.) et de granitite (sommet de l'Oïba-Taïga dans la région des sources du Khamsar, 2 066 m.). Sur les hauteurs de l'Assas affleure en outre du mélaphyre. Le gneiss et le granite descendent très bas dans les

nent, il est vrai, la direction E.-W, mais la prépondérance de la direction N.W. est hors de doute.

1. G. N. Potanin, *Esquisses du Nord-Ouest de la Mongolie*, r., in-8°, St.-Pétersbourg, III, 1883, p. 172. Tous les basaltes recueillis par Potanin au Dod-Nor et aux environs du Kossogol sont des basaltes à plagioclase typiques; P. Venukov, *Sur quelques basaltes du Nord de l'Asie*, r. (Trav. Soc. des Naturalistes St.-Pétersbourg, XVI, 1885, p. 287-309, en particulier p. 299). [Voir aussi P. Venukoff, *Les roches basaltiques de la Mongolie*, r. f. (Verhandl. Russisch-k. Mineralog. Ges., 2. Ser., XXV, 1888, p. 228-303, pl. III).]

vallées. Dans les parties profondes de la cuvette, le porphyre quartzifère constitue de nombreuses éminences le long de l'Assas (à 1 122 m.); du basalte se montre sur la rivière Iissouk (à 1 167 m.). Sur le cours inférieur de l'Assas, on connaît encore du gneiss à 924 mètres[1].

Les hautes montagnes qui, au delà du 96° de long. E., prolongent réellement le Saïan Oriental en suivant la direction caractéristique du W.N.W., et qui, en même temps, forment la ligne de partage entre la Touba et la Kana, ont été explorées par Klémentz et surtout par Ijitzky. Vers le Nord, du côté des rivières Agoul et Koungouss, du porphyre présente un grand développement, mais les hautes crêtes et les « goltzi » qui s'alignent à l'W.N.W. sont principalement formés de gneiss et de granite à amphibole. Des roches quartzitiques sont signalées sur la croupe dénudée des *Kanskoïé Biélogorié* (2 020 m.), et au point culminant de l'itinéraire décrit, le col entre la Kana et le Petit Agoul (2 393 m.)[2].

Les *Odinskoïé Biélogorié* et leurs prolongements granitiques aboutissent au bassin de la haute Mana. Bogdanovitch et ses collaborateurs ont publié une carte de cette région. On y voit la direction W.N.W. ou N.W. se poursuivre en traversant le Iénisséi[3]. Dans ces parages, où le prolongement du Saïan Oriental vient se terminer vers l'Ouest, les granites et les porphyres, qui correspondent probablement à des intrusions plus récentes, se multiplient[4]. Au delà du Iénisséi, les granites affleurent encore au Nord-Ouest, puis ils finissent par disparaître sous les dépôts modernes[5].

Il est nécessaire de jeter un coup d'œil sur les plis marginaux au Nord du Saïan Oriental.

Les plis marginaux qui s'étendent au Sud du massif granitique de Nijné-Oudinsk ont déjà été mentionnés[6]. Ensuite, le long du

1. P. N. Krylov, *Voyage dans la région d'Ouriankhaïsk en 1892*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXIX, 1893, p. 274-291, carte); A. Saïtzev, *Matériaux pétrographiques recueillis par MM.* Krylov *et* Klémentz *dans les Monts Saïan et dans la région d'Ouriankhaïsk*, r. (Izviestiia Université de Tomsk, IX, n° 6, 1896, 23 p.).

2. N. Ijitzky, *Recherches géologiques faites en 1893 dans les régions de Krasnoïarsk et Kansk, gouvernement de Iénisséisk*, r. (Gornyi Journal, 1895, II, p. 53-93).

3. Ch. Bogdanowitsch, *Sur les recherches géologiques faites en 1893 le long du chemin de fer de la Sibérie moyenne*, r. f. (Bull. Comité Géol. St.-Pétersbourg, XII, 1894, p. 229-280, carte géol.; Gornyi Journal, 1894, II, n° 9, p. 337-382, carte géol., et n° 10, p. 72-108, cartes, r.). Les terrains paléozoïques de ce chaînon sont désignés sur la carte par les symboles S_2 et D_1.

4. Au versant méridional de ce chaînon appartient aussi le district minier d'Irbin; B. K. Iavorovsky, Gornyi Journal, 1894, II, et ailleurs.

5. L. Iatchevsky, *Compte rendu préliminaire des recherches géologiques faites en 1893 dans le gouvernemement de Iénisséisk*, r. (Gornyi Journal, 1894, II, p. 305, 315).

6. Je n'ai pu arriver à savoir si le granite qui figure sur la carte de Brousnitzin le long du Toumantchet (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, XII, 1899) représente réelle-

bord, se présentent une série de gîtes salifères, où la roche encaissante, de couleur rouge, a été considérée par plusieurs observateurs comme étant d'âge dévonien. Il appartiendra aux études de l'avenir de décider si, comme cela est probable, ces gîtes ne doivent pas plutôt être assimilés aux gîtes de sel siluriens d'autres portions du grand plateau, ou si l'on doit au contraire les grouper avec la série des couches rouges, également salifères, que nous rencontrerons bientôt plus à l'Ouest, aux environs de Minoussinsk, et qui sont réellement dévoniennes. Plus loin, en allant vers Krasnoïarsk, le bord de l'amphithéâtre présente une courte interruption ou recule vers le Sud; et quand le pied nord des montagnes qui prolongent le Saïan Oriental est coupé par le Iénisséi, près de Krasnoïarsk, on trouve au voisinage de cette ville, à l'extérieur du contour, si régulier d'ordinaire, de l'amphithéâtre, près du bourg de *Torgochino*, du calcaire cambrien.

D'après Bogdanovitch, le calcaire de Torgochino appartiendrait à une longue bande calcaire venant du Sud-Est, qui est coupée par une faille sur les bords du Iénisséi. Le calcaire est, ainsi que la grauwacke sous-jacente, disposé en plis s'orientant N.W.; au passage même de l'Iénisséi, un peu en amont de Krasnoïarsk, ces plis prennent une structure monoclinale, avec développement du flanc sud.

Ces données sembleraient indiquer une imbrication, avec mouvement vers le N.E., et par suite un prolongement de la structure des plis marginaux. Mais je répète qu'ils sont en dehors du contour de l'amphithéâtre, et au Nord de Torgochino, on revoit les roches archéennes du Iénisséi moyen. Il est possible qu'il y ait là une ancienne fosse, qui aurait déterminé ce recul du bord de l'amphithéâtre au Sud. Toll a démontré l'âge cambrien du calcaire de Torgochino; les genres *Olenoides* et *Archæocyathus* s'y rencontrent[1].

Il résulte des constatations précédentes que le Saïan Oriental est

ment la bordure de la chaîne orientale du Saïan, ou si l'on ne doit pas plutôt le regarder comme faisant partie du massif granitique plus récent que N. Ijitzky signale dans cette région.

1. Fr. Schmidt, *Ueber einige neue ostsibirische Trilobiten* (Bull. Acad. Imp. Sc. St.-Pétersbourg, XXX, 1886, p. 501-512, 1 pl.); v. Toll (Verhandl. Russisch-k. Mineralog. Ges., XXXIII, 1895, p. 279; Neues Jahrb. f. Min., 1895, II, p. 164); Th. Tschernyschew, *Materialien zur Kenntniss der devonischen Fauna des Altaï's* (Verhandl. Russisch-k. Mineralog. Ges., XXX, 1893, p. 30, note 1). Voir aussi N. Ijitzky, *Explorations géologiques le long du chemin de fer de Sibérie en 1894*, r. f. (Explor., etc., III, 1896, p. 66), et surtout E. von Toll, *Beiträge zur Kenntniss des sibirischen Cambrium, I* (Mém. Acad. Imp. Sc. St.-Petersbourg, 8e sér., VIII, n° 10, 1899, p. 16-20 et 33-48).

inséparablement lié au tronçon transbaïkalien du faîte, par la coexistence singulière des plis du Saïan et des plis du Baïkal. Au point de vue de la nomenclature orographique, ce rattachement est également ménagé par les montagnes situées au Sud du Baïkal, puis par les Monts Elovskii, et les Alpes de Tounkinsk et du Kitoï. Le Saïan Oriental présente aussi, pour autant qu'on le connaît, les mêmes roches archéennes que la Transbaïkalie, recoupées de la même façon par des culots de granite et de porphyre plus récents, et surmontées par des laves basiques qui occupent tantôt le sommet des montagnes et tantôt le fond des vallées.

Il y a cependant une différence : c'est que dans l'Est le bord de l'amphithéâtre recoupe les plis à angle droit, tandis qu'ici sa direction se rapproche davantage de celle du Saïan, d'où il résulte que l'allure des plis marginaux, autant qu'elle est connue, est en harmonie avec celle des plis archéens.

Le Saïan Oriental ou Ergik-Targak est un fragment demeuré visible de la partie sud-ouest du faîte, et ce massif se rattache vers le Sud aux montagnes Mongoles de la même manière que la Transbaïkalie. Toutefois dans la partie occidentale de son prolongement, près de Krasnoïarsk, on observe des particularités dont l'interprétation définitive exigera de nouvelles recherches.

Cette disposition s'explique en admettant que l'amphithéâtre d'Irkoutsk représente un ancien effondrement du faîte; l'axe N.-S. de cet effondrement passerait à l'Ouest de la région où s'opère la rencontre des plis affectant la direction du Baïkal et de ceux qui suivent la direction du Saïan.

L'importance qui, sur les cartes, a été donnée au coude que l'on obtient en reliant le Saïan Oriental au Saïan Occidental est très exagérée; ce dessin en arc de cercle, convexe vers le Nord, provient sans doute de l'époque où les grandes lignes de partage des eaux ont été choisies, dans ces contrées lointaines, pour servir de limites politiques : la nomenclature a suivi les frontières.

8. Le horst du Iénisséi. — Entre Kansk et Krasnoïarsk, sur les deux rives de la Kana, les gneiss, les roches amphiboliques et les granites de l'Est reparaissent. Tchersky savait déjà qu'il existe, sur les bords de la Kana, des terrains anciens ayant une direction N.W. Bogdanovitch déclare que leur mode d'affleurement en larges croupes est différent de celui des granites intrusifs qui caractérisent la chaîne voisine, au Sud de Krasnoïark, — celle que nous

avons considérée comme le prolongement vers l'Ouest du Saïan Oriental. — et qu'il rappelle davantage l'allure observée dans les hautes montagnes des sources de la Mana. Ces terrains anciens atteignent ensuite le Iénisséi [1].

On doit aux efforts de Iatchevsky la connaissance du contraste si curieux qui, en aval de Krasnoïarsk, existe entre les deux rives de ce fleuve. Sur la rive gauche, les couches tertiaires à lignites s'étalent largement, et nous nous trouvons déjà dans la dépression de l'Ob. Sur la rive droite s'élève brusquement le massif rocheux primitif, avec quelques avant-monts dominant la plaine, au Sud, par delà le Iénisséi. Plus au Nord, la rive droite prend les caractères d'une cassure.

Au Nord de la Kana, la chute des terrains anciens sur la rive du Iénisséi est d'une centaine de mètres, et ce « dos de pays » s'élève graduellement vers l'Est jusqu'à 350 mètres au-dessus du fleuve, c'est-à-dire à plus de 400 mètres au-dessus de la mer. On y voit du granite et du gneiss, cette dernière roche en bancs verticaux, avec une direction N. 320° W. La largeur de cette croupe peut bien atteindre une cinquantaine de verstes. Vers l'Est s'y adossent des sédiments paléozoïques [2].

Ainsi, les terrains anciens s'étendent jusque près du confluent de l'Angara, mais sans l'atteindre. Sur la rive droite de cette rivière, il existe, comme on l'a vu déjà, un calcaire plissé, dont la direction est N. 335° W., avec filons d'un granite plus récent [3].

On savait depuis longtemps, par les travaux de Hofmann, qu'il existe sur le cours du Pit et le long des affluents de la Podkammenaïa Toungouska situés au Nord de la ligne de partage des gneiss et des schistes argileux, affectant une direction constante au N.W. ; mais c'est seulement depuis la publication, en 1894, de l'important rapport de Iatchevsky sur l'arrondissement minier du Nord du Iénisséi qu'on peut se rendre compte de la continuité de ces gisements et apprécier leur importance pour la structure de la Sibérie [4].

1. La carte géologique de Bogdanovitch (Bull. Comité géol., XIII, 1894) montre la distribution de ces roches sur la basse Kana.

2. L. Yatchevsky, *Recherches géologiques dans la partie nord du district de Kansk et le long du chemin de fer de Sibérie, entre Nijnéoudinsk et Kimiltéï*, r. f. (Explor, etc., III, 1896, p. 1-24, carte).

3. L. Iatchevsky, *Compte rendu préliminaire des recherches géologiques faites dans le gouvernement de Iénisséisk en 1893*, r. (Gornyi Journal, 1894, II, p. 315).

4. Hofmann, *Reise nach den Goldwäschen Sibiriens*, p. 155-213; L. Iatchevsky, *Rapport sommaire sur l'arrondissement minier du Nord du Iénisséi*, r. (Gornyi Journal, 1894, I, p. 125-144, carte).

Sur une distance de 500 verstes, entre une localité située un peu en aval du confluent de l'Angara et le village d'Ossinovo, en amont du confluent de la Podkammennaïa Toungouska, on ne voit sur la rive gauche du Iénisséi que des alluvions récentes, tandis que la rive droite est constituée par une berge rocheuse, haute presque partout d'une centaine de pieds. A partir du Iénisséi, le sol s'élève vers l'Est pour former une croupe de 200 à 250 verstes de large, à laquelle succède encore plus à l'Est un plateau d'altitude moindre et de nature différente. Nous avons déjà nommé le mont tabulaire *Enachimskii Polkan;* il est à 100 verstes à l'Est du Iénisséi ; sur ce sommet s'appuie la ligne de partage entre la Teïa et la Tchana, qui aboutissent au Nord dans la Podkamennaïa Toungouska, d'un côté, et le Pit ainsi que les autres affluents du Iénisséi, de l'autre. A l'Ouest de l'Enachimskii Polkan, dans les vallées du Pit, de la Kiia et des autres affluents du Iénisséi, on voit du gneiss, du granite, même du calcaire grenu, s'orientant N. 330-340° W. Il semble donc que dans la partie occidentale du faîte, la direction, de W.N.W., tourne davantage au N.W., de même qu'au delà du Baïkal, dans la partie orientale du faîte, la direction, de E.N.E., paraît devenir plutôt N.E.

Ces terrains alignés au N.W. démontrent en même temps de la façon la plus nette, par leur communauté de direction avec le Saïan Oriental, que cette chaîne appartient au faîte. Ils forment sur toute sa longueur l'escarpement de la rive droite du Iénisséi, que Iatchevsky regarde comme une cassure. En amont d'Ossinovo, près des « Soixante-Dix Iles », ils traversent le fleuve et se prolongent même, comme on l'a déjà vu, dans le bassin du Tass ; là encore, ils se dirigent au N.W. Mais le Iénisséi s'engage dans une vallée transversale, dont la direction prolonge celle de l'escarpement.

Au versant oriental de cette large croupe de terrains anciens, que nous appellerons, avec Iatchevsky, le *horst du Iénisséi*, s'adossent les plis marginaux de l'amphithéâtre. Nous avons déjà eu l'occasion de les signaler aux confluents de l'Angara, de la Podkamennaïa Toungouska et de la Nijniaïa Toungouska. A ce même faisceau appartient en outre l'anticlinal du bassin supérieur de l'Oudéréi, orienté N.W. et décrit par Meister[1].

1. A. Meister, *Bassins de l'Oudéréi et de l'Oudoronga*, r. f. (Explor. géol. dans les régions aurifères de la Sibérie; Région aurifère d'Iénisséi, I, in-8°, St.-Pétersbourg, 1900, p. 59-87, carte II).

9. Résumé. — Quitte à répéter plus d'un détail contenu dans les pages précédentes, il y a lieu d'insister sur ce qui suit :

Les parties visibles de l'ancien faîte énumérées jusqu'ici comprennent toute la Transbaïkalie jusqu'au Grand Khingan, avec le plateau du Vitim, le massif du Patom et, au delà du Baïkal, le Primorskii Khrébet; en outre toutes les montagnes situées au Sud du Lac Baïkal, le massif du Mounkou-Sardyk, tout le Saïan Oriental avec son prolongement jusqu'au delà de Krasnoïarsk, les affleurements archéens de la Kana et du Iénisséi, le horst situé le long de ce fleuve, au Nord de l'Angara, et le bassin supérieur du Tass.

Leurs sommets les plus élevés sont le Mounkou-Sardyk et le Sokhondo.

Toute cette région est constituée par des roches archéennes et çà et là par des roches éruptives, avec quelques lambeaux de formations d'eau douce plus récentes mais sans aucune trace de dépôts marins fossilifères, à l'exception des couches dévoniennes, rencontrées sur la périphérie extrême, au Sud-Est.

Les roches archénnes sont plissées et le plissement est d'âge précambrien. A l'Est, elles s'alignent S.W. ou W.S.W., et à l'Ouest, S.E. ou E.S.E.; la première direction est dite « du Baïkal », et la seconde « du Saïan ». L'une et l'autre se rejoignent vers le centre. La direction du Baïkal a été reconnue sur la Léna jusqu'à 60° de lat. N. et sur l'Argoun jusqu'à 119 ou 120° de long.E.; et la direction du Saïan se voit sur le Iénisséi jusqu'à 66° de lat. N.— et même, si l'on tient compte des observations de Lopatin, jusqu'à 68°, — et jusqu'à 93° de long. E. Vers le Sud, nous avons poussé notre exposé jusqu'aux environs du 50e parallèle.

A l'Ouest du Baïkal, dans le Primorskii Khrébet, il semble que les deux directions, déviées de plus en plus vers le Nord de part et d'autre, viennent se raccorder suivant un axe médian N.-S. et qu'une compression soit intervenue vers le centre. En outre, dans l'île Olkhon, se montre un synclinal renversé vers l'intérieur. Au Sud du lac, il semble bien plutôt que les deux directions passent graduellement de l'une à l'autre, en décrivant un arc de cercle plus ou moins régulier; mais la situation, ici encore, est loin d'être élucidée.

L'Est du faîte est morcelé par des fosses très longues en horsts plus ou moins parallèles. Ces fosses tantôt suivent les plis sur de grandes distances, et tantôt les coupent. On dirait qu'une tension a succédé au plissement primitif en suivant à peu près la même direction. Des laves récentes et des cratères indiquent que ce phéno-

mène de disjonction n'est pas encore arrivé à son terme. Sur la Sélenga, il s'est produit trois effondrements en forme de coin : au Lac des Oies, au Tougnouï et au Khilok. La même structure empiète sur la vallée de la Djida. Le Lac Baïkal résulte lui-même de la réunion de deux cuvettes, séparées l'une de l'autre, entre le Sviatoï Nos et l'île Olkhon, par le prolongement du horst des Monts Bargouzin. Il a dû se constituer à la suite d'un phénomène de disjonction analogue, vers le milieu de l'ère tertiaire, plus exactement avant l'époque sarmatique ou tout au moins avant ce qu'on appelle l'époque pontique dans l'Europe Centrale.

Une grande partie de la moitié occidentale du faîte s'est affaissée de bonne heure, et ainsi s'est formé l'amphithéâtre d'Irkoutsk. La disposition des plis marginaux permet de conclure à un rétrécissement ultérieur de cet espace. Cette idée trouve un sérieux appui dans la présence à l'île Olkhon d'un pli renversé vers l'intérieur, quoique ce pli appartienne à une époque bien plus ancienne.

A un niveau très élevé, des lambeaux de nappes basaltiques, antérieures au creusement des vallées, couronnent les « goltzi » archéens. D'autres laves basiques s'épanchent dans les vallées. Le grand développement de ces laves est commun au faîte et au plateau.

10. Minoussinsk et Saïan Occidental. — Au Sud-Ouest de la chaîne que nous considérons ici comme le prolongement du Saïan Oriental vient un pays dont la constitution géologique est très différente et très spéciale. Au Sud, ce pays est limité par le Saïan Occidental, à l'Ouest par l'Alataou de Kouznetsk et ses contreforts. C'est seulement au Nord-Ouest, entre Atchinsk et Mariinsk, qu'il se rattache aux plaines du Nord. Il est parcouru, du Sud au Nord, par le Iénisséi, qui dans cette région recoit deux affluents importants, l'Abakan à gauche et la Touba à droite. Vers le centre de ce territoire est située la ville de Minoussinsk.

Déjà l'aspect extérieur du pays est singulier. Dans une excellente description, Klémentz nous le fait connaître tel qu'il apparaît de l'un des avant-monts du Saïan Occidental situé à l'Est du Iénisséi, vers 52° 45′ de lat. N., en dedans du second grand coude du fleuve. Vers le Sud, on aperçoit de larges croupes, découpées par un labyrinthe de vallées profondes, bien arrosées, recouvertes d'épaisses forêts et dominées par les cimes neigeuses du Saïan Occidental. Vers le Nord au contraire s'étend sur la rive gauche du Iénisséi une vaste steppe qui, vue de haut, fait d'abord l'effet d'une plaine, mais où un examen plus approfondi révèle la présence

d'ondulations multiples. A l'horizon, elle est bornée par la silhouette bleuâtre du Saksar, chaînon qui, de l'Alataou, court en biais vers le Iénisséi. Les environs immédiats de ce site sont parés de la riche verdure des forêts, la steppe, au contraire, est d'une teinte monotone, d'un vert jaunâtre. C'est « un fragment isolé de paysage mongol sur le sol sibérien »[1].

De nombreux lacs salés et saumâtres, et aussi des lacs d'eau douce, sont disséminés sur la steppe, de même que sur le pays qui s'étend au Nord du Saksar.

Tels sont les caractères de la *région intermédiaire de Minoussinsk*, qui sépare l'un de l'autre deux éléments très différents de la charpente montagneuse de l'Asie : le faîte primitif, à l'Est, et les reliefs qui font partie de l'Altaï, à l'Ouest. Ces caractères sont déterminés principalement par la transgression dévonienne. Dans la série de couches qui forme la plaine, on trouve à la base, d'après Klémentz, des schistes verts; au-dessus viennent des schistes rouges avec conglomérats, puis des bancs calcaires contenant *Spirifer Anosoffi* et la faune du Dévonien moyen, dont Tschernyschew a fait ressortir l'analogie avec les gisements de l'Oural[2]. Ces calcaires sont recouverts par des couches rouges ou brunes de grès, de marnes et d'argiles avec sel et gypse, et c'est à cet horizon qu'est liée la présence des lacs salés et saumâtres. Les assises tout à fait supérieures ont fourni *Lepidodendron Veltheimianum*, *Bornia radiata* et d'autres plantes du Culm d'Europe. Il n'est pas impossible que les dépôts de sel appartiennent déjà au Culm.

La largeur des affleurements dévoniens dans la dépression atteint une centaine de verstes. A l'exception des terrasses fluviales, on ne connaît aucun dépôt plus récent que le Culm. Des porphyrites augitiques et diabasiques se montrent dans le Dévonien, mais elles n'atteignent pas le Culm.

La structure des environs de Minoussinsk a été, de la part de D. Klémentz, l'objet de recherches prolongées pendant plusieurs années; ce savant explorateur a singulièrement facilité mes

1. D. Klementz, *Die Salzseen des Minussinischen und Atschinischen Kreises und die Devonischen Ablagerungen am oberen Enissei*, r. (Izviestiia Section Sibérie Orientale Soc. Imp. Russe de Géogr., XXIII, n° 3, 1892, p. 28-83; en particulier p. 49).

2. Th. Tschernyschew, *Die Fauna des mittleren und oberen Devon am West-Abhange des Urals* (Mém. Comité géol., III, n° 3, 1887, p. 194). Les fossiles dévoniens de la Bëïa, affluent de dr. de l'Abakan, ont été décrits par A. Stuckenberg, *Materialien zur Kenntniss der Fauna der devonischen Ablagerungen Sibiriens* (Mém. Acad. Imp. Sc. St.-Pétersbourg, 7e sér., XXXIV, n° 1, 1886, 20 p., 4 pl.). La présence d'*Osteolepis* et de *Coccosteus* (?) au lac salé Kizi-Koul, à 50 verstes à l'Ouest de Minoussinsk, est signalée par J. V. Rohon, *Ueber fossile Fische vom oberen Jenissei* (Ibid., XXXVI, n° 13, 1889, p. 13).

études sur cette contrée en m'adressant des renseignements personnels et en me communiquant des extraits de ses journaux d'observation encore inédits, lesquels concernent tout l'Ouest et le Sud-Ouest de la bordure[1]. Nous possédons, en outre, d'importants travaux de Bogdanovitch et de Iavorovsky[2].

Le Dévonien de la dépression est disposé en plis larges et ouverts. Ces plis se groupent vers le Nord en lignes arquées dont la concavité est tournée vers le Nord. Au Nord de la ville de Minoussinsk, du confluent de la Touba et du Iénisséi en aval jusqu'au confluent du Sissim, c'est-à-dire sur environ 120 verstes, Iavorovsky énumère sept de ces plis en fer à cheval, que le Iénisséi traverse de part en part. C'est seulement à l'extrémité septentrionale de ce tronçon, là où le fleuve coule à l'E.N.E., qu'il est parallèle à l'un de ces plis.

Cette disposition rappelle celle des plis en fer à cheval de la série de l'Angara au centre de l'amphithéâtre d'Irkoutsk.

Le bord ouest de la région, en allant vers l'Alataou de Kouznetsk, est accidenté de quelques avant-monts ou branches de l'Alataou.

Une longue bande dévonienne plissée, à laquelle est associé du granite, part de l'Alataou suivant une direction presque N.-S. et s'étend jusqu'au Sud-Ouest du grand lac salé Chir, par conséquent jusqu'à une faible distance à l'Ouest des plis en fer à cheval dont nous venons de parler.

Plus important encore est le massif du *Saksar*, qui d'après Klémentz, entre les rivières Kamychta et Ouïbat (affluent de gauche du bas Abakan, de 53° 15′ à 53° 30′ de lat. N.), se dresse brusquement au milieu de collines arrondies de grès dévonien; le même géo-

1. Les notes manuscrites et les croquis que M. Klémentz a mis à ma disposition avec la plus grande obligeance se réfèrent aux régions suivantes : 1° Bassin supérieur du Kemtchik et de l'Alach, y compris le versant N.E. du Saïliougem (1886, 1887 et années suivantes) ; 2° Vallée de la Tchouïa et partie de celle du Katoun (1898); 3° Région comprise entre les rivières Skassaï et Tsagan-Gol (bassin supérieur du Kobdo), en Mongolie (1896); 4° Oulan-Davan, Barmen-Davan, lacs Ouriou-Nor et Atchit-Nor (1895); 5° Col Chabin-Davan, dans le Saïan Occidental; 6° Allure du terrain dévonien à Beiskoïe sur l'Abakan; 7° Mont Saksar sur le cours inférieur de l'Abakan.

2. C. Bogdanovitch et P. Iavorovsky, *Compte rendu préliminaire des recherches géologiques faites en Sibérie en 1892*, r. (Gornyi Journal, 1893, II, p. 290); P. Iavorovsky, *Sur les recherches géologiques exécutées en 1893 dans la partie nord-est du district de Minoussinsk et dans le domaine minier d'Irbinsk*, r. (Ibid., 1894, II, p. 238-279, 2 cartes géol.); Ch. Bogdanovitsch, *Sur les recherches géologiques faites en 1893 le long du chemin de fer de la Sibérie moyenne*, r. f. (Bull. Comité Géol., XIII, 1894, p. 229-280, carte géol.); P. Yavorovsky, *Aperçu général sur la géologie de la partie nord-est du district de Minoussinsk, gouv. d'Iénisséisk*, r. f. (Ibid., XIV, 1895, p. 195-228).

logue le considère comme un fragment détaché de l'Alataou. Ce massif est formé de couches verticales de schistes anciens, affectant la direction N.N.W. que nous retrouverons dans l'Alataou. Les plis dévoniens des environs vont se rattacher à la bordure externe de l'Alataou[1].

On connaît depuis longtemps du sel, du gypse et du Dévonien fossilifère à Beïsk, Monok et Arbat sur le cours moyen et supérieur de l'Abakan, et Klémentz indique même encore du Dévonien sur l'Ada, affluent de gauche du Petit Abakan (par 52° 30′ de lat. N.). En outre Klémentz s'est avancé plus bas vers l'Ouest, sur le Tachtyp, jusqu'à la ligne de partage des eaux. Celle-ci est formée par les roches anciennes de l'Alataou, mais le Dévonien et le Culm s'étendent encore assez loin du côté de l'amont[2].

A l'Est de l'Abakan, la bordure méridionale coïncide avec les versants du Saïan Occidental. Un liséré de montagnes granitiques et syénitiques, dont l'âge est partout plus récent, précède le pied du Saïan. Entre l'Abakan et le Iénisséi, au Tasskyl, Bogdanovitch et Iavorovskii ont constaté que toute la série des terrains du Saïan Occidental est renversée vers le Nord, et de telle façon qu'en descendant de la crête on rencontre des couches de plus en plus récentes. Ce sont des micaschistes et des schistes chloriteux et argileux, plongeant au S.E. (150 à 170°). Ceci indique une direction E.N.E. ou E.-W., qui contraste avec la direction presque méridienne de l'Alataou[3].

De même, Klémentz signale sur le versant sud du col Chabin-Daban la direction E.N.E., dans les schistes injectés de filons de granite de la petite rivière Tossna. Ici, la chaîne consiste en deux crêtes, celle du Nord ou chaîne du Saïan proprement dite, laquelle est coupée sur toute sa largeur par la profonde gorge du Khantigyr (affluent de gauche du Iénisséi), et celle du Sud ou chaîne

1. Klémentz, *Notes manuscrites*, et *Die Salzseen der Minussinischen und Atschinischen Kreises*, etc., p. 47 et 72. La montagne allongée Isykh, décrite par Bogdanovitch, située au Sud-Ouest de la ville de Minoussinsk et formée de Dévonien et de Culm, comprend peut-être encore aussi l'étage de la flore toungouse; c'est la seule trace de terrains plus récents que je connaisse dans la région de Minoussinsk. Ce mont appartient aux chaînons plissés de l'Ouest. Le prolongement septentrional du Dévonien le long du versant N.E. de l'Alataou, jusqu'au delà de Mariinsk, a été décrit par Saïtzev, Gornyi Journal, 1893, p. 451-464, et 1894, p. 183-195.

2. Klémentz, Zapiski Section Sibérie Occid. Soc. Imp. Russe de Géogr., Omsk, VII, n° 2, 1885, p. 6 et suiv.; Procès-verb. des séances, p. 3 (r.). La ligne de faîte est formée de schiste argileux, conglomérat quartzeux, schiste quartzitique et diorite. Des roches analogues se montrent au centre de l'Alataou de Kouznetsk.

3. Bogdanovitch et Iavorovsky, Gornyi Journal, 1893, II, p. 291.

des Soïotes, qui sert de ligne de partage entre le Khantigyr et le bassin supérieur de l'Ichkem[1].

Dans toute cette région, les terrains sont violemment plissés. La zone des montagnes granitiques du pied nord du Saïan atteint le Iénisséi au voisinage des localités de Kalskoïé et Osnatchennoïé, à environ 70 verstes seulement au Sud de Minoussinsk, et y est peu développée. Dans la dépression, le plissement est beaucoup moins énergique que dans les montagnes.

Traversons le Iénisséi.

Au Sud-Est de Minoussinsk, en se dirigeant vers le Saïan, on voit des plis ouverts analogues affectant le Dévonien. Leur allure générale est N. 45 à 80° E., ce qui correspond sensiblement à la direction de la haute chaîne; toutefois elle comporte des déviations au N.N.W. « Leur orientation, dit Bogdanovitch, s'est manifestement adaptée à des lignes tectoniques préexistantes. »

Pour l'étude de la moitié Est du Saïan Occidental, j'ai eu deux sources à ma disposition.

La première est le voyage du botaniste Krylov dans cette partie du Saïan et dans la région d'Ouriankhaïsk, qui lui fait suite au Sud. Les roches recueillies par cet explorateur ont été examinées par Saïtzev. Elles permettent de construire deux coupes transversales, dont l'une court du Nord au Sud à travers toute la région en suivant à peu près le méridien de 92° 40′ E., tandis que l'autre se dirige au Sud-Est, remontant à partir de la Touba moyenne le cours de l'Amyl, puis descendant sur le versant sud du Saïan Occidental par la vallée du Sistyr-Khem jusqu'à la factorerie de Skobelev, au coude du Beï-Khem (position approximative 94° 6′ de long. E., 52° 40′ de lat. N.)[2].

La seconde source est un document manuscrit que je dois à l'obligeance de M. Iatchevsky : c'est un catalogue des échantillons de roches recueillis en 1897, au cours d'une inspection de la frontière du Saïan, par M. le colonel Baranov, avec indication de la direction et du plongement. A ce catalogue était joint un croquis montrant la distribution topographique des gisements, d'où il ressort avant tout que le coude du Beï-Khem remonte bien plus au Nord que ne le figurent les cartes, et que par conséquent le

1. Ary-Kem de la carte russe à l'échelle de 40 verstes au pouce; le lac Sout, indiqué comme se trouvant à l'Est de ce point, n'existe pas.

2. P. N. Krylov, *Voyage dans la région d'Ouriankhaïsk en 1892*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXIX, 1893, p. 274, carte); A. Saïtzev, *Matériaux pétrographiques recueillis par MM.* Krylov *et* Klémentz *dans les Monts Saïan et la région d'Ouriankhaïsk*, r. (Izviestiia Université de Tomsk, IX, 1896, n° 6, p. 1-23.)

Saïan, dans la région des sources de l'Oussa, est plus étroit qu'on ne l'admettait jusqu'à présent. Je tiens à exprimer ma vive gratitude à S. Exc. M. le général de Stubbendorf, ainsi qu'à MM. Iatchevsky et Baranov, pour la communication de ces renseignements. Ils se rapportent à l'espace compris entre les deux itinéraires de Krylov, qu'ils viennent compléter en les précisant.

Le rapprochement de ces diverses données met en lumière les faits suivants :

A environ 100 verstes au Sud de la ville de Minoussinsk, les avant-monts du Saïan Occidental sont formés de granite. Il en est ainsi dans le bassin supérieur du Kébech, dans les montagnes de Kouloutouï (1 411 m., syénite et granite), et aussi plus au Nord-Est vers Kouchebar, sur l'Amyl (granite à muscovite, 307 m.) ; et il est probable qu'entre ces deux points le granite se prolonge jusqu'au cours supérieur de l'Oussa. La roche dominante est un granite à biotite à gros éléments. En outre, dans les avant-monts du Nord, se dresse, sur les bords de la haute Oïa, une montagne isolée et fort élevée (1914 m.) de granitite à amphibole. C'est la même bordure granitique que Klémentz décrit à l'Ouest du Iénisséi.

En dépit de cette grande extension des roches granitiques sur le versant nord, on n'en signale pas le long de la crête de la chaîne. Celle-ci, comme d'ailleurs la plus grande partie du massif, est occupée par une roche souvent désignée sous le nom de gneiss chloriteux et qui est peut-être identique à celle que Iatchevsky appelle, probablement avec raison, schiste vert. Dans la partie occidentale de cette région, cette roche verte forme les contreforts élevés qui s'étendent au Nord de l'Oussa, dans le bassin supérieur de l'Oïa (1 555 m.), la vallée d'Aradan, la cime du Mirski Khrébet (1 926 m.) et la haute vallée de l'Oussa (1 932 m. sur la Bouiba; la direction, dans cette contrée, est N. 48° E.), l'extrémité ouest des Monts Ousoun-Arga (direction E.N.E. 80°), puis les environs de la borne-frontière du Khrébet Semdjir (aphanite verte, direction E.N.E. 80°), ceux du lac de Tchernoïé, situé sur la ligne de partage (direction E.N.E., 75°), la montagne-frontière Irgak (direction E.N.E. 72°) et la ligne de partage de l'Amyl (1 276 m.).

Dans presque toutes ces portions du versant nord et de la crête du Saïan Occidental, la direction des couches se maintient constamment à l'E.N.E., comme celle de la chaîne elle-même. Il est d'autant plus singulier d'apprendre qu'au delà de la crête, sur le versant sud, règne une allure toute différente. Les points où elle a pu être déterminée sont situés à l'Est et au Nord-Est du lac déjà

mentionné de Tchernoïé, dans la partie culminante du massif[1]. C'est comme si la direction du Saïan Oriental se faisait déjà sentir dans cette région.

Sur les terrains redressés reposent des lambeaux de grès et de conglomérats rouges, blancs ou d'un violet foncé, qui sont le prolongement du Dévonien de Minoussinsk.

Le premier lambeau est situé au Nord de la crête principale, dans la basse vallée de l'Oussa, tributaire du lénisséi dont le confluent est voisin de la percée du Saïan ; il est formé d'un conglomérat violet, accompagné de grès et de porphyre (654 m., direction E.-W.).

Les deux autres lambeaux sont beaucoup plus étendus et appartiennent au versant sud.

L'un d'eux occupe toute la partie moyenne du cours de l'Odja. Le troisième, qui est le plus vaste, remplit toute la vallée du Sistyr-Kem, des sommets du Saïan jusqu'au Beï-Kem ; il est associé à du porphyre, et cette roche forme la cime du Youttig-Tasskyl (1 746 m.), qui se dresse le long de la ligne de partage entre le Sistyr-Khem et l'Amyl (1 276 m.), non loin du lac de Tchernoïé, sur la crête du Saïan.

Dirigeons-nous plus à l'Ouest.

La montagne que l'on gravit à l'Est de la percée du lénisséi, en partant du lambeau dévonien de la basse Oussa, montre d'abord des gneiss chloriteux (schistes verts), mais la partie supérieure du col de Kourtchoubin, sur l'Aspanski Khrébet (2 317 m.), est formée de schistes argileux, de micaschistes et de schistes amphiboliques. Le versant sud est dans les schistes argileux. Tout en bas, au pied sud du massif, la silhouette curieusement découpée du Khaïr-Khan se dresse au milieu de la vallée de l'Oulou-Kem : c'est une arête de calcaire blanc, grenu, injecté de filons de porphyre d'un brun rougeâtre[2].

Plus à l'Ouest, la direction de tout le Saïan Occidental tourne de E.N.E. à E.-W., et cette nouvelle allure règne dans la percée du lénisséi. Klémentz y a observé, un peu en aval de la frontière mongole, un calcaire en bancs verticaux et du gneiss chloriteux, la

1. Arête entre les ruisseaux Kara-Kem et Ouloun-Tachtyk : schistes verts, direction 320° N.W., plongement 80° S.W. ; — sommet du Mont Kynsy-Madé : schistes siliceux, dir. 291° N.W., plong. 66° S.W. ; — rochers près du confluent du Tchagom avec l'Out ; dir. 305° N.W., plong. 14° S.E. Toutes ces indications sont tirées du rapport de M. le colonel Baranov.

2. Potanin a également décrit le Khaïr-Khan ; *Esquisses du Nord-Ouest de la Mongolie*, r., in-8°, St.-Pétersbourg. III, 1883, p. 120.

direction de ces deux roches étant E.-W. M. Karpinsky m'a fait remarquer que Schwarz a trouvé sur le Iénisséi, par 51° 45′ de lat. N. (frontière mongole), des talcschistes dirigés E.-W. et plongeant N. ; par 52° de lat. N. leur direction devient E.N.E., presque E.-W. ; et par 53°, E.-W., les couches étant verticales[1].

Pour Minoussinsk et le Saïan Occidental, les éléments de la structure sont donc les suivants :

La direction maîtresse du Saïan Occidental est, à l'Ouest, E. N. E. ou E.-W., dans la coupure du Iénisséi E.-W. et à l'Est de celle-ci E.N.E. La chaîne est formée de schistes plissés, avec lambeaux discordants mais également plissés de Dévonien, auxquels sont associés dans l'Est des porphyres, et qui, au voisinage du lac de Tchernoïé, atteignent et même dépassent la crête du Saïan. A l'Ouest, dans le Tasskyl, le Saïan est renversé vers le Nord sur une certaine étendue.

Un liséré plus ou moins large de culots de granite et de syénite d'âge post-dévonien jalonne, à l'Ouest comme à l'Est, le pied nord du Saïan, en rappelant dans une certaine mesure les pointements granitiques des plis marginaux de l'amphithéâtre d'Irkoutsk.

En avant de cette bordure, dans la dépression, le Dévonien et le Culm sont affectés de larges plis, disposés en fer à cheval et tournant leur concavité vers le Nord. Selon tout apparence, il y a eu là un mouvement posthume, correspondant au renversement du Tasskyl et dirigé vers le Nord, vers l'intérieur, d'où est résultée une certaine analogie avec les mouvements des couches de l'Angara dans l'amphithéâtre.

De l'Ouest, c'est-à-dire de l'Alataou de Kouznetsk, s'avancent en biais vers la dépression des contreforts et des avant-monts.

Les différences avec le Saïan Oriental sont très notables. On ne voit aucune trace du développement si puissant des gneiss archéens et des roches amphiboliques; de même, les basaltes du Saïan Oriental n'ont pas encore été reconnus; les plis marginaux cambriens manquent également. Par contre, la transgression

1. L'astronome Schwarz a jadis recueilli dans ces régions, de même qu'en un grand nombre d'autres points de la Sibérie, des observations qui ont été réunies par Grewingk, pour les environs de Minoussinsk, et lui ont servi à dresser une première esquisse de carte géologique (voir le *Compte rendu de la Société Impériale Géographique de Russie pour l'année 1864* (f.), p. 3.). Au confluent de l'Abdyra et du Iénisséi (52° 42′ de lat. N.), Adrianov a trouvé des talcschistes dont la direction est N.E. 60° (Zapiski Soc. Imp. Russe de Géogr., XI, 1888, p. 278); c'est en aval de ce point qu'est situé le plus dangereux des rapides, appelé Barka, et formé de granite.

dévonienne s'élève jusqu'à la cime des montagnes. La direction est E. N. E. ou E.-W., tandis que dans le Saïan Oriental elle est W.N.W.

Remarquons à ce propos qu'en parlant de la « direction du Saïan », à l'exemple de Tchersky, comme nous l'avons fait souvent, ce n'est jamais que du Saïan Oriental qu'il s'agit.

Le Saïan Oriental et le Saïan Occidental sont deux chaînes de montagnes absolument distinctes; la première s'étend jusqu'au delà de Krasnoïarsk. Ces deux chaînes devraient recevoir chacune un nom différent.

11. Tannou-Ola. — L'examen de la région frontière russo-mongole montre qu'entre 49° 30′ et 52° 30′ de lat. N., à l'Est et à l'Ouest du 90e méridien, les chaînes orientées sensiblement E.-W. du Saïan Occidental et du Tannou-Ola viennent rencontrer les crêtes presque méridiennes du Saïliougem. La zone où se produit cette rencontre représente elle-même une des parties les plus isolées et les plus difficiles d'accès des montagnes de la frontière, et d'ailleurs les cartes topographiques sont loin d'y être toujours exactes.

Ici encore, Klémentz commencera par être notre guide.

Le Iénisséi, immédiatement avant d'entrer dans sa vallée transversale, reçoit sur la gauche le Kemtchik, qui lui-même draine les eaux descendant du Saïliougem, à gauche, et du Tannou-Ola, à droite. Klémentz a remonté tous les affluents supérieurs de gauche, et, en suivant l'un d'eux, l'Alach, vers l'Ouest, il a franchi la ligne de partage entre le Kemtchik et la Tchoultcha, c'est-à-dire le faîte entre le Iénisséi et l'Ob[1].

Dans les vallées de droite, appartenant au Tannou-Ola, il y a des schistes verts et des calcaires, probablement paléozoïques, dirigés E.-W., mais dès qu'on entre dans la vallée de l'Alach apparaissent des schistes argileux dirigés N.-S. et plongeant 62° W., avec filons longitudinaux de porphyrite, puis des calcaires rouges à Polypiers et Bivalves et, plus à l'Ouest encore, des couches rocheuses d'aphanite verdâtre. On observe ensuite sur une courte distance, dans le lit de l'Alach, la direction E.N.E. et E.-W., puis, en remontant ce cours d'eau, de même que dans toutes les autres vallées de gauche, la direction générale N. E., dans des schistes.

1. Klémentz, *Notes manuscrites*, déjà partiellement utilisées dans l'article : *Voyages en Mongolie occidentale de 1885 à 1897* (Bull. Soc. Géogr. Paris, 7e sér., XX, 1899, p. 308-314).

C'est seulement après avoir fait 70 ou 80 verstes le long de l'Alach, en approchant des hautes montagnes, que Klémentz constata, au delà du lac Karagol, dans des schistes verts plissés, la direction N. 20° E. ; et au delà de la crête, en amont du lac de Tchoultcha, de même que vers les sources du Petit Abakan, il vit des talcschistes s'orienter N.-S.

Nous atteignons ainsi le domaine, caractérisé par une direction méridienne, du prolongement de l'Alataou de Kouznetsk vers le Sud, à 60 verstes de distance seulement à l'Est de l'extrémité méridionale du grand lac de Téletzkoïé. Je crois devoir conclure, en général, que les hauteurs situées à l'Est du Kemtchik appartiennent au Tannou-Ola, qu'à l'Ouest de ce cours d'eau il existe une large zone d'avant-monts dirigés N. E. et faisant probablement partie déjà des contreforts du Saïliougem (à comparer avec les chaînons situés à l'Ouest de Minoussinsk), et enfin qu'au voisinage de la crête la direction générale de ce tronçon de l'Alataou, N.-S., est acquise.

Les roches dominantes sont des schistes, avec un calcaire paléozoïque conservé au fond des plis synclinaux, sur le bas Alach; le massif isolé du Taï-Taiga qui, au Sud de l'Alach, précède le Saïliougem, paraît être en granite.

Rendons-nous dans une partie plus méridionale du Saïliougem.

Du lac Djoulou-Koul, qui est très élevé (50° 28′ de lat. N.), sort dans la direction de l'Ouest le Tchoulichman, qui aboutit au lac de Téletzkoïé et à l'Ob. Au Nord du lac, le massif montagneux du *Chap-Chal* se dresse à plus de 10 000 pieds [3 000 m.] : c'est le point culminant de toute la région. Adrianov a gravi ses pentes dénudées de micaschiste. La crête du Nord était couverte de neige ; l'arête est formée d'un granite à grain fin, gris clair, le Sud de micaschiste, le Nord d'une roche foncée, compacte. « Le Chap-Chal, dit Adrianov, est une crête qui s'étend à peu près de l'Ouest à l'Est (280°) et qui se confond avec la plus longue des hautes croupes du Tannou-Ola ; elle aboutit, d'outre en outre, à la sortie du Iénisséi et sépare le domaine des Mongols du territoire des Soïotes[1]. »

En descendant du Chap-Chal, Adrianov trouva sur les affluents méridionaux du Kemtchik la direction E.-W., visible en plusieurs points jusqu'au Iénisséi. A côté des schistes se montre également du grès rouge. L'arête en forme de coin qui sépare le cours inférieur du Kemtchik de l'Oulou-Kem, c'est-à-dire du haut Iénisséi,

1. A. V. Adrianov, *Voyage dans l'Altaï et au Saïan*, r. (Zapiski Soc. Imp. Russe de Géogr , XI, 1888, p. 243-244). L'anéroïde Naudet dont s'était muni ce voyageur ne comportant pas un écart suffisant, l'altitude n'a pu être déterminée.

supporte à son sommet le plus élevé un lambeau de grès rouge transgressif.

Jusque-là, le Tannou-Ola ressemble donc tout à fait, par sa direction E.-W., de même que par ses lambeaux transgressifs dont l'âge est sans doute dévonien, au Saïan Occidental.

Plus à l'Est, on connaît la succession des terrains du Tannou-Ola sur trois lignes transversales. Je commencerai par celle de l'Ouest, et, pour faciliter les comparaisons, je décrirai ces trois lignes en allant du Nord au Sud.

Nous devons la première coupe aux travaux, déjà fréquemment mentionnés, de Krylov et de Saïtzev. Elle commence à la factorerie de Charanov sur l'Oulou-Kem (526 m.), franchit la rivière Djagol et atteint, dans la direction de l'E. S. E., le lac Oubsa. Pendant la montée, Krylov recueillit du porphyre sans quartz (1 015 m.), et il trouva les quatre sommets les plus élevés dont il fit l'ascension dans cette partie du Tannou-Ola (2 478, 2 571, 2 638 et 2 707 m.) constitués par des grès quartzeux et des conglomérats d'un violet foncé. Sur le versant sud, au Touz-Tagh (1 484 m.), les grès et les conglomérats ont une allure tranquille ou peu inclinée, et au Sud-Ouest du Touz-Tagh (1 316 m.) un grès violet foncé, peut-être associé à des tufs, renferme un banc de sel gemme déjà remarqué par Potanin. Le grès se maintient ensuite (1 023 m.), et au pied sud des montagnes, comme au pied nord, affleure du porphyre sans quartz. La coupe aboutit enfin à l'Oubsa-Nor (810 m.)[1].

Tous les échantillons de roches recueillis le long de cette coupe du Tannou-Ola paraissent appartenir au Dévonien.

La seconde coupe a été décrite par Potanin; elle court à peu près en ligne droite du confluent de l'Ar-Torkhalyk et de l'Oulou-Kem à l'Oubsa-Nor, au Sud. Potanin mentionne sur le versant nord, du côté de l'Ar-Torkhalyk, un gneiss à grain fin, une granitite à grain fin d'un gris foncé, puis un calcaire gris, des schistes, des marnes d'un rouge sombre et, dans la partie supérieure de la vallée, des grès noirs ou d'un gris clair. Quelques empreintes de plantes, recueillies sur l'Ar-Torkhalyk (ou Torkhalyk du Nord), appartiennent probablement au Culm, d'après Schmalhausen. Une montée rapide conduit au col Baïn-Chagny, par où l'on franchit les montagnes neigeuses qui caractérisent la crête culminante, puis

1. P. N. Krylov, *Voyage dans la région d'Ouriankhaïsk en 1892*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXIX, 1893, p. 274); A. Saïtzev, *Matériaux pétrographiques recueillis par MM.* Krylov *et* Klémentz *dans les Monts Saïan et dans la région d'Ouriankhaïsk*, r. (Izviestiia Univ. Tomsk, IX, n° 6, 1896, p. 11.)

l'on redescend sur le versant du Sud dans le bassin de l'Amryk. Les parois de l'étroite vallée de l'Amryk sont formées de grès ; des blocs de conglomérat gisent dans le lit du torrent. C'est sous cet aspect qu'il débouche dans le Torkhalyk du Sud, par lequel on atteint les gîtes de sel gemme et enfin l'Oubsa-Nor [1].

Revenons encore une fois au pied nord du Tannou-Ola, c'est-à-dire à la vallée de l'Oulou-Kem. A l'Est du Torkhalyk du Nord, les couches de l'Angara, dont l'épaisseur est considérable, viennent s'adjoindre au Dévonien et au Culm. Elles sont également formées de grès et de conglomérats, et aussi de schistes argileux foncés avec couches de houille. Elles remplissent sur la rive droite de l'Oulou-Kem la vallée de l'Irbek jusqu'à ses sources ; sur la rive gauche, elles se montrent notamment au Baïn-Gol et dans la vallée de l'Eleges. *Phœnicopsis angustifolia* et une espèce analogue à la *Czekanowskia rigida* ont été signalées sur l'Irbek [2].

En partant de ces gisements, étudiés sur l'Eleges par Potanin, Klémentz et Adrianov, la troisième coupe, que les travaux de Krylov et de Saïtzev ont fait connaître, nous conduit à travers le Tannou-Ola dans la direction de l'W.S.W , jusqu'à l'Oubsa-Nor. Les couches de l'Angara atteignent une altitude considérable. Plus haut, les montagnes présentent partout des formes adoucies, et les affleurements sont rares. Le sous-sol paraît être constitué par des tufs ou des grès tufacés. C'est le cas, de même, pour le point culminant, sorte de « ballon » situé au Sud du col (2 523 m.), et qui semble, lui aussi, être en tuf. Sur le versant méridional du Tannou-Ola, dans la partie supérieure de la vallée de l'Ak-Karasouk, on arrive à des porphyres sans quartz, puis, un peu plus bas sur ce cours d'eau (1 670 m.), à des tufs d'un violet foncé.

Sur cette ligne de coupe, comme sur la première, aucune roche n'a encore été recueillie qui soit antérieure au Dévonien, sous son faciès de Minoussinsk.

Après ce coup d'œil sur la partie occidentale du Tannou-Ola, revenons encore une fois à l'Oulou-Kem. La rivière prend ce nom au voisinage de la colonie de Safianov (94° de long. E.), au point où le Khoua-Kem, qui vient de l'E.S.E., et le Beï-Kem,

1. Potanin, *Esquisses du Nord-Ouest de la Mongolie*, r., III, p. 114-118 ; Klémentz a également étudié cette coupe.

2. J. Schmalhausen, *Pflanzenpaläontologische Beiträge, II. Pflanzenreste aus der nord-westlichen Mongolei* (Bull. Acad. Imp. Sc. St.-Pétersbourg, XXVIII, 1883, p. 431-438, 2 pl.). — Les échantillons décrits dans ce mémoire ont été recueillis par A. Potanin et Adrianov.

qui décrit un grand coude en descendant du Nord, se réunissent (571 m.). Là, les dépôts charbonneux de la série de l'Angara prennent un développement remarquable et paraissent former, jusqu'à une grande hauteur, aussi bien les versants du Saïan Occidental que ceux du Tannou-Ola. Mais entre le Khoua-Kem et le Beï-Kem s'élève une masse montagneuse qui rivalise d'altitude avec le Tannou-Ola et le Saïan Occidental, et sur laquelle Krylov a donné les premiers renseignements précis. Elle détermine le grand coude du Beï-Kem vers le Nord; son point culminant s'appelle *Otyg*. En partant du Sud-Ouest, on trouve au contrefort Atchallyg-art (2 091 m.) et sur le haut Oulou-O du porphyre quartzifère, au Mechelik (1 644 m.) un grès violet foncé, et au sommet le plus oriental de l'Otyg (2 583 m.), d'après les déterminations de Saïtzev, un gneiss syénitique modifié par dynamométamorphisme, de la diorite et une roche à épidote, ainsi que du porphyre quartzifère. Au delà de l'Otyg et dans la direction E.N.E., au delà du cours supérieur du Beï-Kem, on atteint le gneiss sur le versant sud du Saïan Oriental (Ergik-Targak) et sur le haut Assas; là se montre également du basalte.

Revenons au Khoua-Kem. D'après Potanin, un grès rougeâtre et des schistes argileux se montrent encore au confluent du Belbeï (vers 95° de long. E.), et plus haut dans la vallée de ce cours d'eau on voit du porphyre quartzifère. C'est seulement en approchant du Djibeï, qui se trouve à 40 verstes plus en amont, que les roches granitiques prennent un développement sérieux[1].

A partir de ce point, la constitution de la vallée du Khoua-Kem m'est inconnue vers l'amont sur une grande distance. Sa partie tout à fait supérieure, appelée *Chichkit* ou *haut Iénisséi*, occupe à l'Ouest du Kossogol, avec le lac *Dod-Nor* et une cuvette plus petite, le Tourga-Nor, les pentes méridionales de l'Ergik-Targak. Nous en avons déjà parlé.

En résumé, les roches archéennes et les nombreux pointements de basalte restent caractéristiques pour le versant sud du Saïan Oriental, comme pour le versant nord; dans le Saïan Occidental au contraire, outre le changement de direction, il faut noter le prolongement de la transgression dévonienne de Minoussinsk. Or, cette transgression, caractérisée par des dépôts marins du Dévonien moyen, puis par un étage salifère que surmonte l'horizon des plantes du Culm, atteint les sommets du Tannou-Ola et

1. Potanin, *Esquisses du Nord-Ouest de la Mongolie*, III, p. 122-146; Adrianov, *Voyage dans l'Altaï*, etc., p. 273.

reparaît au fond de la cuvette de l'Oubsa-Nor. En même temps, la direction du Tannou-Ola est la même que celle du tronçon médian du Saïan Occidental, E.-W. Il en résulte que *le Saïan Occidental ressemble beaucoup plus au Tannou-Ola qu'au Saïan Oriental.* Les couches de la série de l'Angara occupent, en particulier, le fond de la vallée de l'Oulou-Kem ; on n'y connaît pas de dépôts marins postérieurs au Dévonien moyen.

Toutes ces analogies persistent vers l'Est jusque vers 95° 30' de long. E. Dans les montagnes situées plus à l'Est, entre le Khoua-Kem au Nord et le Tess, affluent de l'Oubsa, au Sud, — montagnes auxquelles la carte de l'État-Major russe donne les noms d'Adjankhoroun et de Sangilen, et qui sont considérées comme formant la partie orientale du Tannou-Ola, — la direction qui domine, au point de vue orographique, est différente, c'est celle du S.E. ; et Potanin a trouvé sur le versant nord, dans les vallées supérieures du Djibeï et du Khargi, de même que sur le versant sud, au col très élevé de Khodsoul, du gneiss gris. On pourrait être tenté d'admettre que ces montagnes de l'Est appartiennent au faîte primitif, et qu'elles présentent avec le Tannou-Ola à peu près les mêmes rapports que le Saïan Oriental avec le Saïan Occidental ; mais il est encore impossible de vérifier cette conjecture. Sous le méridien de 97°40' E., ces montagnes de l'Est projettent presque à angle droit vers le Nord une branche importante, le *Khan-Taïga.* Dans l'angle ainsi formé se trouve le lac *Teri-Nor* (1 225 m.). Les cours d'eau qui descendent à l'Ouest du Khan-Taïga aboutissent par le Teri-Nor au Khoua-Kem et ceux de l'Est, par le Telgir-Morin, vont se jeter dans la Sélenga.

Potanin a contourné le coude que décrit la chaîne au-dessus du Teri-Nor et gravi le Khan-Taïga, ainsi qu'une haute chaîne latérale parallèle (celle-ci à 2 160 m. d'altitude) ; en outre, il a traversé le bassin fluvial du Telgir-Morin jusqu'au lac Kossogol, visité, dans la vallée supérieure du Iénisséi, le Dod-Nor, déjà mentionné, et parcouru le versant sud de ces chaînes orientales. En dépouillant ses itinéraires, on obtient le tableau suivant [1] :

A l'Est des affleurements de gneiss déjà signalés, et aussi bien dans le Sud, à l'Est du Khodsoul-Daban, que dans le Nord, sur les bords du Khargi, Potanin a trouvé un calcaire blanc avec paillettes de fer oligiste sur la surface des couches et traces de graphite. Ce calcaire, que Potanin appelle « calcaire du Tannou-Ola », se

1. Potanin, Ouvr. cité, I, 1881, p. 265 ; III, 1883, p. 3, 139, 146, 148, 153, etc.

poursuit à partir du Khargi au-dessus du Teri-Nor; les parois déchiquetées du Khan-Taïga, qui s'abaissent brusquement vers le lac, doivent être constituées par la même roche, qui du moins forme tout le col. Au delà, vers l'Est, dans les premières vallées au pied du Khan-Taïga, elle reposesur du granite et est recoupée par des filons de porphyre à orthose. Au N.N.E. de ce point, le Telgir-Morin coule aussi sur des calcaires; le coude que cette rivière décrit vers le Sud, puis vers l'Est, coïncide précisément, au sud de l'extrémité méridionale du lac Kossogol et à une distance d'environ 80 verstes de cette extrémité, avec la limite méridionale de cette vaste chaîne calcaire. A l'extrémité méridionale du Kossogol se trouve la karaoula mongole de Khalgöl; Potanin y a observé la direction N.W.-S.E. Ces montagnes calcaires se rattachant au Tannou-Ola oriental comprennent probablement, comme on l'a vu, tout le Khan-Taïga, une partie du cours supérieur du Telgir-Morin, la moitié méridionale des rives du Kossogol, puis, au Sud du Kossogol, le Bouren-Khaïrkhan et tous les reliefs qui s'étendent jusqu'au Telgir-Morin; de sorte que leur largeur, du Nord au Sud, peut être évaluée à plus de 120 verstes.

Comment ces montagnes calcaires se prolongent-elles, ou comment se terminent-elles? C'est ce que l'on ne saurait dire actuellement. Vers l'Est, dans la vallée de la Sélenga, on ne leur connaît aucune continuation.

Ce calcaire rappelle par sa composition les calcaires si épais des bords du Baïkal.

Nous avons maintenant parcouru l'intervalle entre le Khan-Taïga, le Kossogol et le Telgir-Morin, à l'Est. Potanin, en partant également du Khan-Taïga dans la direction du Sud-Est, a franchi l'Ikhe-Khaldyn-Daba (2 358 m.), où il a observé à plusieurs reprises, sur les deux versants, du granite rouge et du calcaire. Par 99e de long. E., sur les bords du lac Sangin-Dalaï, le même voyageur signale du sel gemme; il serait intéressant de savoir si la transgression dévonienne s'avance réellement jusque-là[1].

12. Khangaï. — Les parties du faîte situées au Sud du Baïkal sont reliées de la manière la plus intime à la vaste région montagneuse du Khangaï, qui occupe le Nord de la Mongolie. Les eaux du Khangaï se rendent au Iénisséi, mais elles suivent pour y

1. Potanin, Ouvr. cité, I, p. 274; Quelques bandes calcaires courent S.E.-N.W., c'est-à-dire parallèlement au chaînon lui-même et perpendiculairement au tracé de la rivière Chabir; Sangin-Dalaï, p. 253.

aboutir des voies différentes. A l'ouest du lac Kossogol court la vallée du Iénisséi, dont nous venons de nous occuper. Au début, le fleuve s'appelle Khoua-Kem, puis Oulou-Kem; ensuite il traverse, comme nous l'avons vu, le Saïan Occidental, et c'est seulement quand il tourne vers le Nord, en entrant dans la région de Minoussinsk, qu'il reçoit le nom de Iénisséi.

Au Sud de l'Oulou-Kem, le Tannou-Ola établit une jonction, au point de vue orographique, entre le Khangaï et le faîte primitif, à l'Est, et le Saïliougem, à l'Ouest; il sépare ainsi le domaine fluvial du Iénisséi d'une dépression profondément encaissée, sans écoulement, et couverte de lacs. Cette dépression est limitée à l'Est par le Khangaï, au Nord par le Tannou-Ola, à l'Ouest et au Sud-Ouest par l'Altaï Mongol, et elle se rattache au Sud-Est, par une zone assez étroite, aux vastes régions sans écoulement de l'Asie intérieure. Pievtsov l'a désignée sous le nom de *Vallée des Lacs*. Elle est traversée en biais par d'étroites arêtes rocheuses, en partie très élevées, comme le Khankhoukheï, et dans l'intervalle de ces arêtes sont situés les lacs Dourga-Nor, Kara-Oussou, Oubsa, Ouriou-Nor, etc.

Les montagnes du Khangaï s'étendent vers le Sud jusqu'au delà du 46e degré de latitude. Vers l'Est, elles vont se réunir au *Kenteï* et aux massifs situés au Nord d'Ourga, dont nous avons déjà parlé comme étant le prolongement des montagnes de la Transbaïkalie. Du côté du Gobi, le Khangaï n'a pas de limite tectonique, car dans les parties adjacentes du Gobi lui-même on reconnaît les restes dénudés d'un édifice analogue.

Les parties méridionales et orientales du Khangaï envoient aussi leurs eaux au Iénisséi, mais ces affluents, dirigés de l'Ouest à l'Est, se rendent d'abord à la Sélenga et n'aboutissent au fleuve qu'après un long détour, par le Lac Baïkal et l'Angara. A ce versant oriental appartient le lac Kossogol, et il s'étend vers l'Ouest jusqu'aux environs d'Ouliassoutaï et au bord même de la Vallée des Lacs.

Le Khangaï est une partie méridionale de l'ancien faîte.

Si l'on adopte comme limite approximative de la région calcaire qui se rattache au Tannou-Ola, vers le Sud, la rivière Telgir-Morin, au Sud du Kossogol, il reste encore au Khangaï, au Sud de cette limite, près de quatre degrés de latitude. Dans le vaste espace compris entre la rivière Orkhon à l'Est et le Dzapkhyn, tributaire du Kirghiz-Nor, au Sud-Ouest, aucun col, d'après Klémentz, ne descend au-dessous de 7000 pieds [plus de 2000 m.]; quelques-uns atteignent 10000 pieds [3000 m.], tandis que les som-

mets, en général, ne dominent guère ces passages de plus de 1 000 pieds [300 m.]. Le massif montagneux de l'*Otkhon-Khaïrkhan-Tengri*, à 80 kilomètres à l'Est d'Ouliassoutaï, fait exception : il atteint 13 000 pieds [près de 4 000 m.] et porte un petit glacier. Sa base est en granite, d'après Klémentz, et son sommet en mélaphyre ; il reproduit ainsi le phénomène des laves surélevées qui caractérise les montagnes voisines du Baïkal[1].

Outre le profil qu'Obroutchev a mené dans l'Est, de Kiakhta à Ourga[2], nous possédons sur cette région une seconde coupe, étudiée par Potanin. Cette coupe traverse dans la direction du N.N.E. toute la largeur du Khangaï, de sa bordure méridionale, par 101° de long. E. environ, jusqu'au point où la Sélenga franchit le 50e degré de latitude[3]. La plupart des matériaux ont été fournis par Klémentz, qui a parcouru le Khangaï dans différentes directions ; je dois à ses obligeantes communications personnelles les faits les plus importants qu'il m'ait été donné de recueillir sur cette région.

Commençons ce rapide aperçu par le Nord-Est.

Au Sud de la Transbaïkalie, une portion considérable du faîte disparaît sous le Gobi. Obroutchev reconnaît dans les terrains anciens du Sud de Kiakhta le prolongement à l'W.S.W. du horst de Malkhan, dont le prolongement au N.E. est représenté par le Iablonovii Khrébet. C'est là un premier résultat important, qu'il convient de rapprocher tout de suite d'une autre observation intéressante. Au voisinage d'Ourmoukhtou, sur le Chara-Gol, à 90 verstes à peine au Sud de Kiakhta, Obroutchev a rencontré une bande de schistes argileux plus ou moins verticaux, dirigés N.E., contenant des restes de *Fenestella* et de Polypiers probablement paléozoïques. C'est le gisement de sédiments marins fossilifères le plus rapproché de la région médiane du faîte que je connaisse jusqu'à présent[4].

Il est probable que ce lambeau, pincé dans les terrains anté-

1. D. Klémentz, Izviestiia Section Sibérie Orientale Soc. Imp. Russe de Géogr., XXVII, n° 2, 1896, Rapport annuel (r.), p. 60 ; et XXVIII, n° 2, 1897, p. 158 ; du même, *Expédition en Mongolie en 1894*, r. (Ibid., XXV, 1894, n° 2-3, p. 126-129), et *Voyages en Mongolie Occidentale de 1885 à 1897* (Bull. Soc. Géogr. Parir, 7e sér., XX, 1899, p. 308-329, carte ; en particulier p. 317).

2. V. A. Obroutchev, *Esquisse géologique de la route des caravanes de Kiakhta à Kalgan*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXIX, 1893, p. 347-390, coupes) ; du même : *L'Asie Centrale, le Nord de la Chine et le Nan-Chan*, r., I, in-4°, St.-Pétersbourg, 1900, en particulier p. 20 et suiv., carte 1.

3. G. N. Potanin, *La frontière tangoute-tibétaine de la Chine et la Mongolie Centrale*, r., in-4°, St.-Pétersbourg, I, 1893, p. 481, 503 et suiv.

4. Obroutchev, *Esquisse géologique de la route de Kiakhta à Kalgan*, p. 355 ; *L'Asie. Centrale*, etc. I, p. 10.

rieurs, se rattache aux affleurements de schistes métamorphiques et de grauwacke qui se montrent en Transbaïkalie de la partie méridionale du Malkhan aux sources de l'Ingoda, et qui comprennent la partie méridionale des Monts Tchersky et des Monts de Daourie. Or, ces affleurements ne sont eux-mêmes que le prélude d'une zone beaucoup plus étendue de roches du même genre.

Les fossiles dévoniens des montagnes du Gazimour et de l'Onon ont déjà été signalés. En fait, les explorations dont la Transbaïkalie a été le théâtre permettent de reconnaître dès à présent une zone très longue de schistes métamorphiques, grauwackes, quartzites et sédiments dont l'âge dévonien est incontestable; cette zone commence à Strétensk sur la Chilka, se dirige au Sud-Ouest en passant par Nertchinsk, et traverse l'Ingoda en amont du confluent de l'Onon; puis, le long du chemin de fer transsibérien, brusquement, elle s'élargit beaucoup; de nouveau réduite, elle forme les Monts Gazimour-Onon et Erman, des deux côtés de l'Onon, qui coule dans une fosse, et elle pénètre en Mongolie en conservant l'orientation S.W. Là encore, la rivière Onon jalonne selon toute probabilité son trajet, car Obroutchev a retrouvé la même zone sur une grande largeur vers Ourga. Elle apparaît déjà à 75 verstes au Nord de cette ville et peut s'étendre jusqu'à une cinquantaine de verstes au Sud du même point. Près du bord méridional, au campement de Khadyn, Obroutchev a recueilli un fragment de *Conularia*[1].

C'est la même zone schisteuse que Potanin a trouvée sur le Touï (100° 27′ de long. E.), vers l'extrémité sud de sa coupe; là elle est par endroits recouverte de basalte[2].

Enfin M. Klémentz m'assure qu'il a reconnu la même zone jusque sur la rivière Baïdarik (par 99° 10′ de long. E. environ), à l'entrée septentrionale du couloir qui donne accès dans la Vallée des Lacs.

Cette ceinture schisteuse, qui est au moins en partie paléozoïque, après avoir traversé la région orientale du faîte depuis les bords de la Chilka, entoure donc réellement tout l'Est et le Sud du Khangaï et le rattache au faîte.

Encore à l'Ouest du Baïdarik, Klémentz a trouvé que le Chara-

1. M. Obroutchev a bien voulu me confier un échantillon de schiste dont la surface externe porte le moule en creux de ce fossile. La façon dont les côtes traversent les angles démontre la justesse de la détermination générique; il y a une analogie manifeste avec les *Conularia* du Salt Range, mais une identification plus précise n'est pas possible.

2. Potanin, *La frontière tangoute-tibétaine*, etc. p. 514.

Oussou (au Sud-Est d'Ouliassoutaï) suit une cassure dirigée E.N.E., le long de laquelle des schistes et des calcaires carbonifères se montrent traversés et modifiés par un porphyre rouge quartzifère.

Les parties internes du Khangaï sont formées de gneiss et de schistes anciens, souvent injectés de granite. Les roches schisteuses anciennes sont plissées, et au voisinage du 101e méridien, comme me l'apprend M. Klémentz, elles se dirigent sur une longue distance au N.N.W. C'est avec cette direction qu'elles traversent les vallées de la Sélenga (partie tout à fait supérieure), du Khanyn-Gol, du Khoitou-Tamir et de l'Ourtou-Tamir, qui, sans exception, sont des vallées transversales; et ce n'est que vers le bord sud du Khangaï, au Nord de l'Ongyn, qui aboutit au Sud-Est, dans le Gobi, que la direction E.-W. apparaît.

Dans plusieurs localités se trouvent des lambeaux de couches à empreintes végétales de la série de l'Angara; Potanin signale, par exemple, des couches de charbon dans la partie tout à fait méridionale, près de la station d'Oudzoum, et aussi dans le Nord, sur l'Altata, rivière prenant naissance sur la croupe arrondie qui sépare le bas Orkhon de la Sélenga.

Le Khangaï rappelle encore le faîte par la présence de laves basiques. Le lambeau de mélaphyre qui couronne l'Otkhon-Khaïrkhan-Tengri a déjà été signalé. Sur un grand nombre de points, des basaltes qui paraissent être très récents se montrent dans les vallées. Au Sud, sur la rivière Touï, Potanin a trouvé du basalte; l'entomologiste Leder a atteint ce cours d'eau en venant du Nord-Est, et en s'engageant dans les ramifications du haut massif montagneux du Soubour-Khaïrkhan, il a suivi une vallée dirigée vers l'Ouest et tributaire du Touï supérieur, qui est comblée par une coulée de lave [1]. Selon toute probabilité, ce gisement se rattache au vaste territoire basaltique que Klémentz a découvert entre les sources de l'Orkhon et celles de l'Ongyn [2]. Ces points sont situés près du bord sud-est du Khangaï; mais, au centre même de la chaîne, on retrouve encore de grandes coulées de mélaphyre et de basalte. C'est ainsi que, d'après Klémentz, le Tchoulouteï (affluent de droite de la Sélenga) est encaissé sur plus de 100 kilomètres dans du basalte, et le même observateur a découvert dans

1. H. Leder, *Eine Sommerreise in der nördlichen Mongolei im Jahre 1892* (Mittheil. k. k. Geogr. Ges. Wien, XXXVIII, 1895, p. 107).

2. Klémentz, *Rapport de voyage*, r. (Izviestiia Section Sibérie Orientale Soc. Imp. Russe de Géogr., XXVII, n° 2, 1896, Rapport annuel, p. 15-19).

le bassin de ce cours d'eau, au voisinage du lac *Terkhaïn-Tsagan-Nor*, deux cratères formés de scories et de laves[1].

Toutes ces circonstances indiquent une structure qui répond à celle du faîte, et elles permettent en outre de supposer qu'il y existe des lignes disjonctives analogues. Un fait toutefois demeure singulier : c'est la direction N.N.W. qui caractérise, sur toute la partie explorée le long du 101e méridien, les roches archéennes, direction qui, par conséquent, se relève davantage vers le Nord que ce n'est le cas pour les plissements du Saïan à l'Ouest du faîte. Il est vrai que, plus au Nord encore, sur le Iénisséi, la même direction N.N.W. reparaît.

13. La Vallée des Lacs. — Les roches rouges et violettes du Dévonien, souvent associées à des porphyres, s'élèvent jusqu'aux cimes les plus hautes du Tannou-Ola qui aient été gravies, c'est-à-dire jusqu'à plus de 8 800 pieds (2 682 m.). Le Culm monte aussi très haut. Puis vient l'escarpement méridional ; tout contre le pied sud du massif se trouve une vaste plaine, dans laquelle est situé le lac *Oubsa*. Il occupe l'extrémité septentrionale de la grande « Vallée des Lacs ».

De l'extrémité occidentale du Tannou-Ola part un chaînon élevé qui s'allonge au S.S.E. sur une distance d'environ 180 verstes. Ce chaînon est complètement isolé à l'Ouest, au Sud, et à l'Est. Deux hautes cimes le couronnent, le Tourgoun et le Kharkira. Ce dernier sommet porte sur son versant oriental le glacier de Baroun-Sala, et c'est sous le nom de *Kharkira* que nous désignerons l'ensemble du massif.

Les limites du Kharkira peuvent être indiquées de la façon suivante : tout près de la jonction avec le Tannou-Ola se creuse une profonde cuvette dans laquelle est situé l'Ouriou-Nor, lac n'ayant aucun écoulement vers l'extérieur. Au Sud de cet effondrement, le versant occidental du Kharkira projette encore à l'W.N.W., dans la direction du Saïliougem, la crête étroite mais élevée du Barmen (2575 m.). Puis vient, toujours à l'Ouest, une dépression beaucoup plus étendue, celle de l'Atchit-Nor, d'où sort la rivière Kobdo, dont la vallée sépare le versant occidental du Kharkira des hauteurs de l'Altaï Mongol. Du côté de l'Est, le Kharkira s'abaisse sur la Vallée des Lacs.

1. D. Klemenz, *Notiz über zwei erloschene Vulkane im Gebirge Changaï in der nördlichen Mongolei*, r. a. (Izviestiia Section Sibérie Orientale Soc. Imp. Russe de Géogr., XXVIII, n° 2, 1897, p. 157-159, 1 pl.).

Lorsque Potanin, venant de la steppe de la haute Tchouïa, eut franchi le Saïliougem, il trouva sur le versant oriental de cette chaîne, qui descend sur l'Atchit-Nor, et à une altitude considérable, un conglomérat blanc, caractérisé comme les conglomérats anciens de ces montagnes par un ciment non pas calcaire, mais analogue à du kaolin. Des bords d'un affluent, la Djilga, cette roche s'étend à travers la vallée du Katou, puis à travers celle du Boukombéré, associée à des grès et à des schistes foncés, jusqu'à la plaine du lac.

Au delà de la plaine, Potanin fit l'ascension du puissant Kharkira. Sa pyramide suprême est formée de granite rouge, mais jusqu'à une grande hauteur, au niveau des névés, règnent des schistes argileux rouges; et dans l'étroit cirque supérieur du Khartarbagateï, qui s'ouvre à l'Est entre les deux cimes du Kharkira et du Tourgoun, Potanin trouva un conglomérat à ciment feldspathique, ainsi que des couches de houille; les schistes qui les accompagnaient lui ont fourni *Bornia radiata*, *Cardiopteris frondosa*, *Lepidodendron Veltheimianum* et d'autres plantes du Culm.

On connaît des gîtes de houille aussi bien au Sud-Ouest, du côté de l'Atchit-Nor, que sur le versant oriental du Kharkira.

Le même conglomérat s'étend à l'Est jusque dans la dépression de la Vallée des Lacs, et forme le chaînon du Bom-Khara sur le versant sud du Khankhoukéi, au Nord du Kirghiz-Nor [1].

Des cimes du Kharkira et du Tourgoun la haute crête du Iamateï aboutit à celle du Barmen, déjà mentionnée, qui sépare les deux lacs Ouriou-Nor et Atchit-Nor. Klémentz a gravi le Iamateï et en décrit le panorama. Vers le Nord, on aperçoit l'Ouriou-Nor, profondément encaissé et s'étendant jusqu'au pied du Tannou-Ola, puis le Kharkira et le Tourgoun et une partie de la ceinture de l'Oubsa. Une lumière favorable permet de distinguer sur toutes les crêtes accessibles au regard des bandes de terrains rouges, tranchant nettement sur les schistes foncés du substratum. Il y a

1. G. N. Potanin, *Esquisses du Nord-Ouest de la Mongolie*, r., in-8°, St-Pétersbourg, I, 1881, p. 304; III, 1883, p. 8-48; conglomérats du Kirghiz-Nor, p. 54. — J. Schmalhausen, *Die Pflanzenreste aus der Ursa-Stufe im Flussgeschiebe des Ogur in Ost-Sibirien* (Bull. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, XXII, 1877, p. 227-291, 4 pl.); *Ein fernerer Beitrag zur Kenntniss der Ursastufe Ost-Sibiriens* (Ibid., XXIII, 1877, p. 1-17, 2 pl.); *Pflanzenpaläontologische Beiträge, II. Pflanzenreste aus der nord-westlichen Mongolei :* échantillons recueillis par A. Potanin et Adrianov (Ibid., XXVIII, 1883, p. 426-438, pl. I-II). Klémentz a trouvé des gites houillers et des plantes fossiles autour de l'Atchit-Nor, et notamment dans la plaine du Boukombéré, qui descend du Saïliougem (Izviestiia Section Sibérie Orientale Soc. Imp. Russe de Géogr., XXVII, n° 2, 1897, Rapport annuel (r.), p. 60).

là des plis; les couches rouges et les couches houillères sont également plissées, mais la direction de ces assises diffère toujours un peu de celle des schistes antérieurs. Ces derniers oscillent entre N.N.E. et N.N.W., tandis que les terrains rouges affectent la direction E.-W. Dans le bas, autour de l'extrémité méridionale de l'Atchit-Nor, on voit des phyllades s'orientant N.N.E.

Le Dévonien et le Culm passent en transgression discordante des hautes régions du Tannou-Ola dans celles du Kharkira. Ces terrains revêtent également certaines parties des pentes externes du Saïliougem, et en même temps ils reparaissent au fond de la Vallée des Lacs, à l'Est, et autour de l'Atchit-Nor, à l'Ouest. Ces faits indiquent que le Kharkira est un horst. « A trois mille pieds de profondeur, dit Potanin, on domine, du Barmen, l'Ouriou-Nor; aucune des dépressions de la Mongolie n'est aussi rétrécie ni aussi profonde[1]. »

Ici, nous devons admettre un effondrement local, circonscrit, en forme de cuvette.

Après avoir éliminé ces effondrements du versant occidental du Kharkira, pénétrons dans la Vallée des Lacs elle-même. La topographie de cette région présente une particularité remarquable: c'est l'existence de crêtes multiples, hautes et étroites, courant obliquement à l'W.N.W. ou au N.W., des pentes du Khangaï à l'Altaï Mongol et au Kharkira, et divisant ainsi le territoire en une série de cuvettes déprimées plus ou moins indépendantes. Si déjà, dans l'Ouest, il a été possible, en invoquant les observations anciennes de Potanin, de reconnaître une série de grands affaissements, le fait est cette fois bien plus frappant encore.

Klémentz a montré que la Vallée des Lacs est une région affaissée, et que l'affaissement s'est produit par gradins[2].

Sur un *premier gradin*, *au Sud*, à la latitude de Kobdo, se trouvent les lacs Kara-Oussou (Ikhé-Saral, 1170 m.) et Dourga-Nor (Kara-Nor). Le chaînon du *Khara-Argalintou*, qui vient de très loin au Sud-Est et va rejoindre le pied méridional du Kharkira, limite ce gradin vers le Nord, bien qu'il soit traversé par l'émissaire du Dourga-Nor. Sa bordure septentrionale est une faille.

Le *second gradin* se subdivise à son tour; un premier palier,

1. Potanin, *Esquisses du Nord-Ouest de la Mongolie*, III, p. 15. L'Ouriou-Nor n'a pas d'écoulement, et l'eau y est salée. La carte de l'État-major Russe lui donne la forme d'un quadrilatère d'environ 12 kilom. de côté; les plaines qui l'entourent, au débouché des cours d'eau tributaires, paraissent n'avoir qu'une très faible étendue.

2. D. A. Klémentz, Rapport annuel (Otchet) de la Soc. Imp. Russe de Géogr. pour 1896, p. 96, 1897 (r.).

adossé à la faille, à 300 pieds au-dessous du gradin précédent, abrite le lac Dseren-Nor. Les dépôts du Gobi, que Klémentz a rencontrés jusque-là, ne s'étendent pas plus au Nord.

Sur un second palier, situé à un niveau inférieur, se trouve le Kirghiz-Nor. Ce gradin est limité vers le Nord par la haute chaîne transversale du *Khankhoukheï*, qui se dirige vers le Kharkira au Sud d'Oulankom. Nous avons déjà signalé sur son versant méridional, d'après Potanin, les conglomerats du Bom-Khara, qui paraissent appartenir au Culm et sont coupés de longues failles. Son versant septentrional, comme celui du Khara-Argalintou, correspond à une cassure. Un porphyre quartzifère et du pétrosilex, d'âge dévonien ou carbonifère, affleurent le long de cet accident.

Cette cassure aboutit au *troisième gradin,* qui est en même temps le plus déprimé. On y trouve l'Oubsa-Nor (810 m. d'après Krylov; 721 m. seulement d'après la carte de l'État-major Russe), dont la surface est à environ 1 000 pieds [300 m.] au-dessous de celle du Kirghiz-Nor, sur le gradin précédent.

Nous arrivons ainsi au pied méridional du Tannou-Ola.

De ces observations, il résulte d'abord que le gradin septentrional ou intérieur de la Vallée des Lacs est le plus déprimé; un affaissement peut seul donner lieu à une pareille disposition. Nous avons là un vaste effondrement, subdivisé obliquement par des failles en escalier. Mais tandis que les arêtes séparatives, au Sud-Est, vont se rattacher aux avant-monts du versant septentrional de l'Altaï Mongol, il se forme entre cette chaîne et le bord méridional du Khangaï une fosse allongée. Celle-ci s'étend en arc de cercle du gradin médian de la Vallée des Lacs, où se trouve le Kirghiz-Nor, jusqu'au Gobi; elle abrite le cours du Dzapkhyn et les lacs terminaux du Baïdarik, ainsi que d'autres rivières descendant du Khangaï méridional; d'après Klémentz, sa bordure septentrionale, le long du Khangaï, est jalonnée par un long chapelet d'affleurements basaltiques. Cette fosse, très continue et très typique, est la *fosse du Dzapkhyn;* elle sépare le Khangaï des contreforts, analogues à des horsts, de l'Altaï Mongol.

14. Altaï Mongol. — L'Alataou de Kouznetsk et le Saïliougem représentent les chaînons orientaux, de direction plus ou moins méridienne, d'un grand groupe montagneux, qui, comme nous le verrons plus tard, exécute dans sa partie méridionale, jusque vers le voisinage de la frontière mongole, une conversion complète. Ce groupe forme l'Altaï proprement dit ou Altaï Russe. Le coude en

question le sépare au Sud du Grand Altaï ou Altaï Mongol (Altaï du Gobi). Les terrains sont également différents. Dans l'Altaï Russe dominent les schistes paléozoïques avec noyaux éruptifs; dans l'Altaï Mongol, au contraire, les gneiss et les roches archéennes.

Klémentz, en venant du Sud, dans le bassin de la rivière Kobdo, s'est avancé jusqu'au voisinage de la frontière russo-chinoise. Cet infatigable explorateur a pénétré jusqu'au Tsagan-Gol, qui descend du haut goletz de Kiityn. Ce goletz correspond au point où la ligne de partage des eaux de l'Altaï Mongol est croisée par la frontière. Là règnent partout des schistes, dirigés W.N.W., et en remontant le Saksaï jusqu'à l'Otchataï-Daban, qui sépare ce cours d'eau du Kobdo supérieur, on rencontre des lambeaux transgressifs de grès rouge foncé et de conglomérat [1].

On doit admettre que la transgression dévonienne du Tannou-Ola et du Kharkira pénètre jusqu'à la région des sources du Kobdo, dans l'Altaï Mongol. On peut se demander, d'ailleurs, si le horst du Kharkira ne serait pas simplement une partie du Tannou-Ola. Les arêtes allongées et tranchantes qui se détachent du Kharkira vers le Sud-Est et les longues cassures qui découpent suivant la même direction l'Altaï Mongol en une série de horsts analogues, ressemblent tout à fait aux lignes disjonctives de la Transbaïkalie. Le Khankhoukeï ou l'Argalintou, qui traversent en biais la Vallée des Lacs, rappellent la chaîne Bargouzin-Sviatoï Nos-Olkhon, qui coupe obliquement le Baïkal; et pas plus que le Baïkal ne représente la limite d'une unité tectonique, ce rôle ne saurait être revendiqué pour la Vallée des Lacs ou la fosse du Dzapkhyn.

L'*Altaï Mongol* n'est pas un prolongement de l'Altaï Russe; il n'est séparé du Khangaï que par les dépressions de la Vallée des Lacs et *représente un fragment marginal du faîte lui-même.*

Pour nous faire une idée d'ensemble de l'Altaï Mongol, nous devons commencer par empiéter notablement, au Nord-Ouest, sur le bassin de l'Irtych Noir.

Au Sud-Est du lac Zaïssan s'élève la masse imposante du *Saour* (3633 m.). Elle correspond, comme l'a montré Mouchkétov, à l'extrémité d'une chaîne qui se poursuit au Nord-Ouest, par le Tarbagataï et le Djinghiz, jusqu'aux montagnes de la Steppe des Kirghiz [2].

1. Klémentz, *Notes manuscrites* (observations faites en 1896).

2. I. V. Mouchkétov, *Le Turkestan, Description géologique et orographique*, r. In-8°, St-Pétersbourg, I, 1886, p. 35, 36, carte géol. — Il existe un travail très détaillé

Dans la partie sud-est du Saour apparaissent des failles et des affaissements. On peut extraire ce qui suit des observations de Bogdanovitch.

Une coupe menée du lac Orkhou, c'est-à-dire du 46e degré de latitude environ, au Zaïssan (48° de lat. N.), dans la direction du N.N.W., croise successivement plusieurs chaînons : l'Orkhoun-Nountag, le Semistaou (ou Ourkachar), le Tarbagataï — au point où il se relie au Saour —, et enfin le Monrak, qui est situé entre le Tarbagataï et le lac Zaïssan. Tous ces chaînons sont limités vers le Nord par des cassures, qui courent perpendiculairement à l'allure des couches; le Tarbagataï, dans cet ensemble, est un horst, limité au Nord et au Sud par des failles en escalier. « Du versant septentrional du Kouen-lun jusqu'au pied nord du Monrak sur le lac Zaïssan, dit Bogdanovitch, on peut suivre la série des failles et des flexures qui ont accompagné l'affaissement des plaines de Kachgar, de la Dzoungarie et du Zaïssan [1]. »

Il ressort en outre des collections de Kozlov, qui ont été étudiées par Obroutchev, que sur tout le versant oriental et septentrional des Monts Saour, dans l'acception la plus étendue, il n'existe que des basaltes et des mélaphyres associés à des tufs. Ceci s'applique aux hauteurs Salbourty et Kara-Adyr-Oula (situées l'une et l'autre à l'Ouest de Bouloun-Tokhoï), au versant nord du massif principal du Saour et à son prolongement vers l'Ouest, le Monrak, au Sud du Zaïssan.

D'après cela, la dépression du Zaïssan, et sans doute aussi son prolongement vers Bouloun-Tokhoï, acquiert les caractères d'une fosse plus ou moins compliquée de coulisses. Ce qui ne peut que confirmer cette hypothèse, en montrant du même coup que la formation de l'effondrement est très moderne, c'est un fait constaté par Ignatiev : cet ingénieur, envoyé pour étudier les gîtes de charbon du Zaïssan, a vu au Nord du lac, au promontoire de Tchakoul, des couches de lignite presque verticales, d'âge récent, plonger sous les eaux [2].

Les observations plus récentes montrent que Bogdanovitch

sur la région située au Sud-Est du Balkach, et même une carte géologique de l'Alataou dzoungare, dressée de 1849 à 1851 par Vlangali et publiée dans le *Gornyi Journal* en 1853 (II, avec une série d'appendices dans les volumes suivants).

1. K. I. Bogdanovitch, *Recherches géologiques dans le Turkestan Oriental* (*Travaux de l'Expédition au Tibet en 1889-1890 sous la direction de* M. V. Pievtsov, publiés par la Société Imp. Russe de Géographie (r.), in-4°, St-Pétersbourg, II, 1892, p. 86).

2. Ignatiev, *Gites de houille des environs du poste de Zaïssansk*, r. (Zapiski Section Sibérie Occid. Soc. Imp. Russe de Géogr., Omsk, VII, n° 2, 1885, Communications diverses, p. 7).

avait parfaitement saisi l'explication juste, et qu'en fait toute la Dzoungarie est sillonnée vers l'Est par des escarpements, étagés comme des marches gigantesques et séparés par de longues fosses, ouvertes ou aplanies aux deux bouts. Ces fosses reçoivent souvent le nom de *kholaï*. Tel est aussi l'aspect de la « Porte » au Nord de Santokhou. Ainsi s'expliquent également les longs horsts rocheux de l'Altaï Mongol et de sa bordure occidentale. *L'Altaï Mongol est lui-même un horst, compris entre la Vallée des Lacs et la dépression de la Dzoungarie.*

La présence de grands affleurements gneissiques au pied ouest de la chaîne indique déjà qu'elle ne résulte pas d'un plissement régulier.

Kozlov a donné un tableau très expressif de l'ensemble de l'Altaï Mongol. D'après lui, la partie occidentale de la chaîne, jusque vers le méridien de Kobdo, est large, avec de nombreux sommets dépassant la ligne des neiges, suffisamment arrosée et pourvue d'abondants pâturages; la partie orientale, qui est beaucoup plus longue, est pauvre en eau et dénudée. Jusqu'au voisinage du Khoudouk-Nor, c'est-à-dire par 98° de long. E. environ, règne une chaîne épaisse et continue, l'*Altaïn-Nourou;* elle est accompagnée au Nord, du côté de la Vallée des Lacs, et surtout au Sud, du côté du désert, par des chaînons parallèles. Au delà du 98e degré, le massif tout entier se résout en chaînons de ce genre, parmi lesquels l'Ikhé-Bogdo et le Baga-Bogdo, situés au Sud-Ouest et au Sud-Est de l'Orok-Nor, dépassent la limite des neiges éternelles. Tous ces chaînons suivent plus ou moins exactement l'allure arquée de l'Altaï Mongol. D'après Kaznakov, le compagnon de Kozlov, qui a parcouru le versant sud de ces montagnes, l'Altaï Mongol se terminerait avec les contreforts orientaux de la chaîne du Gourban-Saïkhan, au voisinage du temple de Chioulioute (entre 104° et 105° de long. E.) [1].

Nous ne possédons encore sur les travaux de Kozlov qu'un rapport préliminaire. Potanin a mené, à travers l'Altaï Mongol, quatre coupes qui fournissent un éclatant témoignage de l'énergie et de la persévérance de cet explorateur. Trois de ces coupes sont

1. P. K. Kozlov, *Lettre* datée du bivouac de l'Oulan-Nor, 20 novembre 1899; suivie de : A. N. Kaznakov, *Rapport préliminaire sur le voyage du lac Khoulmou-Nor au lac Oulan-Nor, versant méridional de l'Altaï,* et de : V. F. Ladygin, *Voyage au cours supérieur de la rivière Ourounga (Boulougoun)*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXVI, 1900, p. 18-83, carte). [Voir aussi la carte jointe à l'article de J. Deniker : *Voyage de M. Kozlov en Asie Centrale* (La Géographie, Bull. Soc. Géogr. Paris, III, 1901, p. 41-46, pl. I).]

relatives à l'Altaïn-Nourou; la quatrième passe par l'Ikhé-Bogdo. Nous rattacherons à ces profils la description de cette grande chaîne de montagnes.

Par opposition avec ce qui a lieu dans l'Altaï Russe, le gneiss présente ici un puissant développement.

Déjà la *première coupe, de Bouloun-Tokhoï à Kobdo*, montre l'importance du gneiss. Le pied des montagnes est formé de gneiss gris, et le cours supérieur de l'Irtych Noir, pour autant qu'il appartient à la région montagneuse, est établi sur du gneiss, de même que celui du Kran et du Kharbagataï. Le gneiss occupe une largeur d'au moins 70 à 80 verstes et s'étend jusqu'au voisinage du col d'Ourmogaïtou (2 961 m.), où des schistes argileux et chloriteux le remplacent. Au delà du col, à une grande altitude, se trouve le lac Daïn-Gol; sur sa rive ouest s'élève la cime couverte de neige du Moustaou, et des éboulis de gneiss descendent vers le lac. Puis vient une zone de schistes et de culots granitiques. Le cours supérieur du Saksaï est établi sur des schistes verts; il y a des affleurements de porphyre. Au delà du Tal-Nor et près des glaces de l'arête supérieure se montre une roche noire se divisant en prismes (basalte?). Des roches schisteuses variées viennent ensuite jusqu'au col de Terekty (3 200 m.). Le gneiss gris paraît encore une fois; la descente vers l'Est, sur la Vallée des Lacs, a lieu à travers de formidables parois granitiques; Kobdo, au bord ouest de la Vallée des Lacs (1 300 m.), est sur le granite.

Rappelons, en passant, que Prjévalsky a également trouvé sur le cours supérieur de l'Ouroungou, au versant occidental de l'Altaï Mongol (91° à 92° de long. E.), du gneiss, ainsi qu'un granite bleuâtre et du schiste [1].

M. Klémentz m'a fait connaître la découverte de fossiles permo-carbonifères marins à Nursou, dans le désert qui s'étend au Sud de l'Altaï Mongol; cette localité est également située entre 91° et 92° de long. E., et à plus de 100 verstes à l'E.N.E. de Gouchen.

A quatre cents verstes au Sud-Est de la première coupe se trouve le col d'*Oulen-Daban* (entre 93° et 94° de long. E.). par lequel Potanin, en suivant la route de Khami à Kobdo, a fait passer sa *seconde coupe*.

Cet itinéraire suit le méridien de Santokhou; à partir de cette localité, l'on descend vers le Nord dans le « kholaï » qui de la Dzoun-

1. Potanin, *Esquisses du Nord-Ouest de la Mongolie*, etc., I, p. 21-64; N. von Prschewalski, *Reisen in Tibet und am obern Lauf des Gelben Flusses in den Jahren 1879 bis 1880*, trad. allemande de Stein-Nordheim, in-8°, Jena, 1884, p. 13.

garie conduit au Gobi Oriental (715 m.), et dans lequel paraît être justement situé Nursou. Au delà du kholaï s'élève un horst ou un gradin allongé, où se trouve le passage de Char-Nourou. Ce relief et ses prolongements occidentaux forment au Nord du kholaï une haute muraille continue, qui se poursuit aussi à l'Est du Char-Nourou. Le col est absolument nu, et formé de porphyre pétrosiliceux ; du côté du Nord, il y a des schistes, dirigés E.-W. à peu près comme la muraille elle-même. Des blocs d'un calcaire blanc, cristallin, proviennent sans doute de sommets plus élevés. La descente vers le Nord est en pente douce. Puis vient un escarpement calcaire où les joints de stratification sont horizontaux.

Là, on a trouvé des traces de fossiles probablement dévoniens. Après avoir traversé une steppe, on arrive aux premières collines d'Ebchtché, où se montrent des spilites et des diabases se décomposant en boules concentriques. Enfin, l'on atteint le bord de la chaîne principale de l'Altaï Mongol.

A son pied, de nouveaux affleurements de gneiss reparaissent aussitôt. En remontant le Barlyk, on constate qu'au gneiss succèdent des micaschistes violemment plissés, puis, avant d'atteindre le col et à l'Oulen-Daban même (2819 m.), des schistes argileux et chloriteux, tout imprégnés de filons de quartz et d'autres sécrétions siliceuses, comme nous en avons trouvé déjà au sommet de l'Ourmougaïtou. Ici encore, sur le versant nord du col, on voit du granite percer les schistes. Le lac Khoulmou-Nor est encaissé dans le granite. Kozlov l'a atteint en venant de l'Ouest et en évalue l'altitude à 6800 pieds (2 072 m.), tandis que plus à l'Est le lac Chargin-Tsagan-Nor, situé également sur le versant nord de la même arête montagneuse, n'est qu'à 2500 pieds (761 m.).

La crête du Nam-Kotel, qu'on trouve ensuite en allant vers le Nord, montre des rochers de granite affectant des formes bizarres. Plus loin reparaissent les schistes chloriteux, cette fois avec des intercalations calcaires, puis, au delà de la croupe du Detkhen-Daban, on atteint le bord de la Vallée des Lacs[1].

Cette coupe indique que les horsts et les gradins, du côté de la « porte » de Dzoungarie, sont probablement formés de terrains paléozoïques plus récents, tandis que la chaîne principale de l'Altaï

1. Potanin, *Esquisses du Nord-Ouest de la Mongolie*, I, p. 114-119. Le voyageur marchait, cette fois, du Nord au Sud; par raison de symétrie, nous continuerons à faire connaitre la succession des terrains en commençant par le Sud; Kozlov, *Lettre* citée, p. 25.

Mongol montre, là encore, sur le versant de l'Ouest, des gneiss, puis des schistes chloriteux et du granite.

A environ 220 verstes plus à l'Est-Sud-Est, la chaîne principale de l'Altaïn-Nourou est franchie par le col de Nour-Kéré (vers 96° 20′ de long E.), qui traverse le Bourkhan-Ola, sur la route de Khami à Ouliassoutaï. On ne connaît pas son altitude, qui en tout cas est supérieure à celle de l'Ourmogaïtou (2961 m.) et de l'Oulen-Daban. C'est par ce col que passe la *troisième coupe* de Potanin. L'escarpement faisant face au Sud qui limite le premier gradin, le plus méridional, porte le nom d'Eren-Nourou. Une roche dure, de couleur verte, y paraît au jour. Au Nord de l'Eren-Nourou vient une bande désertique, qui règne jusqu'à la longue croupe de granite dénudée de l'Adji-Bogdo. A son pied, du côté sud, il y a du mélaphyre. Cette pente est brusque; vers le Nord, l'Adji-Bogdo possède plusieurs contreforts. A la descente, on arrive à de puissants conglomérats rouges, au milieu desquels on remarque une discordance. Puis se présente, après quelques arêtes secondaires, une nouvelle dépression profonde, celle de Bourou, et alors seulement vient le pied du Bourkhan-Ola, qui fait partie de la chaîne principale de l'Altaïn-Nourou. Une roche noire forme la première crête, appelée Bouren-Khara. Puis l'on arrive à des schistes argileux et chloriteux avec filons de quartz. De la diorite affleure, mais les schistes se prolongent et forment des rochers abrupts et isolés, au sommet du Nour-Kéré. Là se montre également du granite. Les schistes et le granite forment le versant septentrional jusqu'au Tsitsirin-Gol. A ces roches succède une traînée de serpentine, et avec elle on atteint la fosse du lac *Chargin-Tsagan-Nor*.

Ici, nous devons interrompre la description de la coupe, pour jeter un coup d'œil sur l'extension de la chaîne en longueur.

De Kobdo, Kozlov s'était engagé, au Sud du Kara-Oussou, dans une dépression qui s'allonge au S. E. et porte le nom de Dserga; c'est précisément celle où Potanin a recueilli, près d'Oeschi, des empreintes végétales de la série de l'Angara. L'itinéraire de Kozlov le conduisit, en suivant le bord septentrional de l'Altaïn-Nourou, au col de Khongour-Obonyn-Daban (8300 pieds, 2529 m.), non loin du second passage de Potanin par l'Oulen-Daban; la descente eut lieu ensuite vers le lac Khoulmou-Nor (6800 pieds, 2072 m.), à travers des rochers de granite ayant l'aspect de matelas. Un second col atteint 7400 pieds (2255 m.), puis l'on arrive au lac Toun-Koul (6200 pieds, 1889 m.); au delà d'un nouveau col, la vallée s'abaisse alors vers le Chargin-Tsagan-Nor jusqu'à une profondeur inat-

tendue, à 2500 pieds seulement (761 m.). Plus à l'Est encore, la ligne de partage entre le bassin de ce lac et celui du Bagan-Nor, à 3700 pieds (1127 m.), est formée d'argile rouge et de conglomérat.

Le Chargin-Tsagan-Nor (761 m.), *situé sur la bordure nord de la chaîne principale, l'Altaïn-Nourou, mais séparé de la fosse du Dsapkhyn par la chaîne du Taïchir, est donc à peu près aussi profondément déprimé que la surface de l'Oubsa-Nor, au point le plus bas de la Vallée des Lacs.* Ces deux lacs sont, l'un et l'autre, complètement isolés et sans écoulement.

Revenons à notre coupe.

La bordure septentrionale de la dépression correspond au versant méridional, qui est très escarpé, du Taïchir, le chaînon dont nous venons de parler. Elle est formée de serpentine, comme la bordure opposée, et sa hauteur est considérable. Vers le Nord, le Taïchir est constitué par un calcaire, mais au-dessous, de la serpentine est également visible. L'on atteint ainsi, à la résidence de Djasagtou-Khan, la fosse du Dzapkhyn. Au Nord de cette fosse se trouve la traînée basaltique observée par Klémentz, et qui, de ce côté, entoure le Khangaï [1].

Dans l'intervalle compris entre la troisième et la quatrième coupe de Potanin, Ladygin, de l'Altaïn-Nourou, s'est avancé vers le Sud jusqu'à Sou-tchéou. Son voyage nous a appris, comme résultat principal, que sur tout cet espace, de nombreuses chaînes ou arêtes se succèdent avec la direction E.S.E., — à tel point qu'il n'est guère facile d'indiquer une limite orographique bien nette entre les premiers contreforts de l'Altaï Mongol et les chaînes d'orientation identique qu'on doit regarder comme le prolongement du Beï-Chan. *Il se produit évidemment là une déviation générale de S.E. à E.S.E. et E. ou E.N.E.*, déviation qui affecte non seulement l'allure de l'Altaï Mongol, mais toute la région du Gobi, et même, comme nous le verrons bientôt, jusqu'à certaines parties du Nan-Chan [2].

L'extrémité de l'Altaïn-Nourou porte le nom de Gytchigin-Oula, et Ladygin l'a franchie à l'altitude de 7000 pieds [2130 m.]. On y trouve des schistes et du granite. Au Sud viennent ensuite deux chaînons orientés E.S.E., le Bourgoustin-Nourou et l'Ederingin-

1. Kozlov, Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXVI, 1900, p. 30; Potanin, *Esquisses du Nord-Ouest de la Mongolie*, I, p. 183-216; pour les plantes fossiles d'Oeschi, voir même ouvr., I, p. 102, et III, p. 87.

2. Ladygin, Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXVI, 1900, p. 174 et suiv.

Nourou (4500 pieds [1 300 à 1 400 m.] : schistes verts, aurifères), puis une longue dépression, le *Naren-Khoukhou-Gobi* (1 100 pieds, 335 m.). C'est là, de beaucoup, la cote la plus basse. Cette dépression est limitée au Sud par la longue chaîne du *Kökö-Tymyrty* (col à 5000 pieds [1 500 m.]; sommets à environ 6000 pieds [1 800 m.]), qui, en s'infléchissant du S.E. à l'E.S.E., établit une jonction curviligne, à travers toute cette partie du Gobi, entre l'Adji-Bogdo, au Nord-Ouest, dans l'Altaï Mongol, et la chaîne de Tostou, le Douché et le haut Noïn-bogdo, à l'Est, en passant par le Kökö-Tymyrty et la longue série d'arêtes qui s'y rattachent; nous retrouverons le Noïn-Bogdo en décrivant la quatrième coupe de Potanin.

Quant aux arêtes qui viennent au Sud du Kökö-Tymyrty, il est impossible de les séparer du Beï-Chan.

La *quatrième coupe* de Potanin passe à l'Ouest du 101° de long. E. et est distante de 330 verstes environ de la troisième, à l'E.S.E. Sur son parcours, l'Altaïn-Nourou a disparu, et la chaîne n'a plus aucune unité.

Le point le plus bas sur ce méridien, le *Gachioun-Nor*, à l'extrémité de l'Edzin-Gol, n'est probablement pas à plus de 830 ou 840 mètres d'altitude. Au Nord de ce lac, on trouve une série de chaînons allongés, souvent discontinus. Nous suivrons, pour les chaînons méridionaux, les récentes observations d'Obroutchev, et pour les chaînons septentrionaux, que ce voyageur n'a pas visités, la relation de Potanin[1].

En partant du lac, après avoir traversé un désert, sur une soixantaine de verstes, on atteint la première arête, le *Soukhomtou :* elle est constituée par du grès supra-houiller très épais, dirigé E.N.E. (80°); puis, au delà d'une dépression de peu de largeur, vient une chaîne beaucoup plus importante, formée de plusieurs crêtes parallèles et portant dans sa partie la plus élevée, au midi, les noms de Tostou, Douché et *Noïn-Bogdo*. Ces reliefs, nous venons de le dire, appartiennent à l'arc qui vient du Kökö-Tymyrty. Au pied sud de la chaîne on voit du grès, mais les cimes noires qui la dominent sont en mélaphyre. Des blocs de basalte et de limburgite, qui parsèment les pentes d'un des sommets à l'extré-

1. Potanin, *La frontière tangoute-tibétaine et la Mongolie centrale*, r., in-4°, St-Pétersbourg, I, 1893, p. 503 et suiv.; V. Obroutchev, *Esquisse orographique et géologique de la Mongolie centrale, de l'Ordos, du Kan-sou oriental et du Shen-si septentrional*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXX, 1894, p. 239 et suiv.); du même, *L'Asie Centrale, le Nord de la Chine et le Nan-Chan*, r., in-4°, II, p. 408-433.

mité orientale du Noïn-Bogdo, font supposer qu'il existe en cet endroit un centre d'éruption récent. Plus à l'E.N.E. encore sont situées l'arête de Deng et la montagne de Khongor-Oba, toutes deux ayant une direction différente. Elles sont formées de porphyre, de tuf et, à l'Est, de granite.

Passons maintenant à la coupe menée par Potanin à travers le Douché. Le versant nord de ce chaînon est en grès supra-houiller. Une large dépression le sépare de la croupe du *Némégétou*. Celle-ci est moins élevée (1 836 m.) et présente une silhouette moins découpée. Au col se montrent de la porphyrite et par endroits du granite. Dans la partie orientale de cette chaîne, dans le massif du Dsolin, la direction tourne à 290°; l'on y voit du porphyre et du grès avec des filons porphyriques.

La dépression, large à peine de 20 à 30 verstes, qui s'étend au Nord du Némégétou, contient le point le plus déprimé qu'on rencontre sur ce méridien après le Gachioun-Nor (1135 m., Potanin). En se retournant, on constate que le Némégétou, de même que le Tostou, qui est plus éloigné mais plus élevé, présente de grands escarpements faisant face au Nord.

La chaîne suivante du côté du Nord, le *Baïn-Tsagan* (1 670 m.), est formée de gneiss; elle ne se dégage que progressivement du kholaï, qu'elle rétrécit par ses premiers contreforts. Étant donné sa faible hauteur, elle est singulièrement large; vers le Nord, elle s'abaisse sur la vallée d'un petit cours d'eau, le Leg (1 440 m.), où du basalte affleure de nouveau[1].

Déjà, avant de traverser le Baïn-Tsagan, un spectacle saisissant par le contraste s'offre au voyageur venant du Gobi : c'est la vue du puissant massif de l'*Ikhé-Bogdo*, avec la couronne de taches de neige qui entoure sa cime arrondie et son cortège de montagnes neigeuses. Aucune végétation forestière n'en garnit les pentes; seuls quelques buissons se montrent dans les ravins; la nudité du Gobi remonte jusqu'à la limite des névés. Les avant-monts étendent leurs escarpements jusqu'au Leg. La largeur de l'Ikhé-Bogdo est de 22 verstes. Le versant nord est également très raide et la descente est difficile. L'Ikhé-Bogdo se compose de granite; sur un point l'on signale des schistes avec intrusion de syénite. Au-dessus de ces terrains anciens, des nappes de basalte s'étalent en gradins successifs et même, au point culminant de son itinéraire (2 534 m.), Potanin s'est trouvé sur du basalte. L'Ikhé-

1. M. Klémentz me dit que plus à l'Est, près de Khatoun-Sountoul, une butte isolée de basalte en colonnes se dresse au milieu du désert.

Bogdo reproduit donc, loin au Sud, ce type des « goltzi » couronnés d'épanchements basaltiques dont le Mounkou-Tsagan-Khardyk nous a déjà fourni un exemple[1].

Au Nord, les montagnes s'abaissent sur le lac Orok-Nor (1 240 m.), qu'un contrefort de l'Ikhé-Bogdo, le Khodzou, entoure vers le Nord. Puis l'on arrive à la fosse du Dzapkhyn, qui, là, n'a guère qu'une vingtaine de verstes de largeur.

A l'Est de cette coupe, les chaînons étagés du Gourban-Saïkhan (« Les trois Seigneurs ») peuvent encore atteindre, dans l'Altaï Mongol, 2 500 mètres d'altitude.

C'est ainsi que se modifie l'aspect du faîte primitif vers le Sud-Ouest et le Sud, en dehors du Khangaï. Dans cette zone externe, au Sud du Tannou-Ola, se creuse la Vallée des Lacs, avec laquelle commence le morcellement de la bordure en horsts, fosses et gradins. Fragment par fragment, le faîte s'abaisse par tranches successives vers la « Porte » de Dzoungarie. L'Altaïn-Nourou, la chaîne majeure de l'Altaï Mongol, est lui-même un horst de ce genre. Bien que les cassures et les effondrements donnent lieu parfois à un véritable labyrinthe d'arêtes entre-croisées ou bifurquées, de cuvettes sans écoulement et de longues fosses s'ouvrant vers l'extérieur, ces accidents présentent néanmoins, dans l'ensemble, une disposition commune qui permet d'y voir autant de lignes disjonctives périphériques du faîte ; la Vallée des Lacs et la fosse du Dzapkhyn, ainsi que la fosse du Zaïssan, rentrent dans la même ordonnance.

On doit d'ailleurs attendre beaucoup des découvertes futures. Klémentz croit reconnaître dans la partie méridionale de l'Altaï Russe les indices d'un renversement vers le Sud[2].

15. Gobi Oriental. — Pour apprécier la manière dont le faîte se comporte par rapport au Gobi Oriental, nous ne pouvons nous appuyer que sur un seul document : la description de l'itinéraire Kiakhta-Ourga-Kalgan par Obroutchev[3].

1. Les basaltes de la rivière Leg et du campement de Kiakhtou près de l'Ikhé-Bogdo ont été décrits par P. Venukov (Verhandl. Russisch-k. Mineralog. Ges., 2. Ser., XXV, 1889, p. 245). Sur le prolongement oriental de l'Ikhé-Bogdo, voir le rapport de Klémentz, Izviestiia Section Sibérie Orientale Soc. Imp. Russe de Géogr., XXV, n° 2-3, 1894, p. 127, 128. — La continuité des chaînons situés à l'Est (Arzi-Bogdo, Gourban-Saïkhan) a été établie par Pievtsov. Plus au Sud-Est encore s'y rattache le Khourkhou, découvert par Prjévalsky.

2. D. Klementz, *Voyages en Mongolie Occidentale* (Bull. Soc. Géogr. Paris, 7e sér., XX, 1899, p. 325).

3. Obroutchev, *Esquisse géologique de la route des caravanes de Kiakhta à Kalgan,*

Au Sud d'Ourga, où la région privée d'écoulement débute par un grand nombre de dépressions fermées et de cuvettes plus ou moins étendues, la hauteur des montagnes est de 1 400 à 1 500 mètres. La contrée qui vient ensuite n'a pas l'aspect d'un désert plat, mais de montagnes alternant avec des collines. L'altitude moyenne décroît en même temps peu à peu ; on arrive à la plaine de Daïtkhin-Tala, dont la largeur est de 35 verstes et où, circonstance tout à fait exceptionnelle, l'horizon s'ouvre librement à l'Est et à l'Ouest. On pourrait presque supposer qu'elle représente une fosse. Le sol s'y abaisse vers le centre de 950 mètres à 850, au puits de *Saïn-Oussou*, et cette cote est la plus basse de tout l'itinéraire. Tout le pays, d'ailleurs, est relativement peu élevé et Obroutchev qualifie la région qui s'étend à partir de ce point, sur 340 verstes, de « dépression centrale du Gobi Oriental ». Vers le Sud, les altitudes ne dépassent pas 900 à 1 100 mètres jusqu'aux Monts Tabou-Tokhoun (1 300 à 1 400 m.), et le point culminant est atteint en arrivant à la Grande Muraille (1 625 m.). Vers Kalgan se produit une descente rapide.

Sur les débris nivelés des anciennes montagnes reposent en discordance les sédiments du Gobi, consistant en conglomérats à grains fins, grès tendres, marnes rouges et verdâtres et calcaires marneux blancs. A quelques verstes au Sud de la plaine de Daïtkhin-Tala, on peut constater à la butte basaltique appelée Tchernaïa Gora ou « Montagne Noire » qu'une partie de ces dépôts est antérieure aux basaltes, et qu'une autre partie leur est postérieure[1]. Là, les sédiments en question sont disloqués et s'orientent E.N.E., comme les terrains sous-jacents. Plus au Sud, une très grande partie de la dépression médiane est occupée par des assises horizontales de même nature, découpées en lambeaux tabulaires. La découverte déjà signalée d'une mâchoire de *Rhinoceros* ou d'*Aceratherium* dans les marnes blanches du Khouldyin-Gobi a montré que ce sont des dépôts d'eau douce, d'âge tertiaire moyen ou supérieur.

Suivons maintenant Obroutchev, en partant d'Ourga, et jetons avec lui un coup d'œil rapide sur les terrains anciens qui s'étendent à une certaine distance.

La zone paléozoïque qui vient des bords de l'Onon avec la direc-

r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXIX, 1893, p. 347-390, 1 pl. de coupes) ; du même : *L'Asie Centrale, le Nord de la Chine et le Nan-Chan*, I, p. 25 et suiv., carte. Quelques indications se trouvent aussi dans G. Potanin, *La route postale de Saïn-Oussou en Mongolie*, r. (Izviestiia Section Sibérie Orientale Soc. Imp. Russe de Géogr., XXIV, n° 2, 1893, p. 56-63).

1. Obroutchev, *L'Asie Centrale*, etc., I, p. 69.

tion N.E. croise la route. Le col Khalti-Daban (1 650 m.), qui marque l'entrée dans la région sans écoulement, lui appartient. Ensuite vient une traînée de basalte et aussi, au Sud, de rhyolite d'aspect récent, puis une large bande de gneiss dirigée N.E. et de nouveaux affleurements volcaniques récents, bordant la plaine de Sakhir-Oukhé. Le bord oriental de cette plaine est jalonné par une longue bande de porphyre, auquel s'ajoute du granite dans le Sud. L'on atteint alors la « Montagne Noire » de basalte dont il a déjà été question et les dépôts du Gobi en couches disloquées. Au puits de Gachioun (1 090 m.), les hauteurs sont en roches volcaniques. il paraît y avoir là un véritable « puy » de rhyolite. Après avoir recoupé du calcaire cristallin, des schistes et du granite, on arrive à la plaine de Daïtkhin-Tala et au point le plus bas. Au delà de cette plaine, les reliefs sont de nouveau formés de calcaires cristallins et de schistes plissés, avec filons de granite. La direction, très régulière, est N.E. La croupe du Dolan-Daban est en gneiss; sa direction est mal définie; sur son flanc sud se trouve le puits d'*Ikhé-Oudé* ou Oudinsk (930 m.), et dans son voisinage la Rousskaïa Stantzia[1].

Sur tout l'espace compris entre Ourga et cette localité, sauf quelques exceptions, *règne la direction N.E. ou E.N.E., dite du Baïkal.* Au delà d'Ikhé-Oudé se montre la direction W.N.W. et N.W. Bien que la direction N.E. reparaisse aussi plus loin, par exemple vers Sadji-Khotou, il ne s'en produit pas moins là, d'après les observations d'Obroutchev, un changement important dans l'allure de l'ensemble. Mais jusque-là règne, en général, la direction qui caractérise le faîte; on y retrouve les mêmes terrains anciens, avec quelques traces des formations paléozoïques; on y voit aussi de nombreux pointements de roches volcaniques, où les types acides semblent toutefois devenir un peu plus fréquents. *Aucune limite ne peut être assignée au faîte, du moins jusqu'au puits d'Ikhé-Oudé, c'est-à-dire à peu près jusqu'au centre du Gobi.*

Quant aux rapports des plis méridionaux, orientés N.W., avec le Khingan, il est impossible d'en juger dans l'état actuel de nos connaissances.

Vers le Sud, l'itinéraire suivi par Obroutchev empiète sur le domaine des coulées basaltiques du Sud-Est de la Mongolie. La

1. D'après la carte de l'État-major Russe à l'échelle de 40 verstes au pouce, Ikhé-Oudé serait situé par 44°29′ de lat. N. et 111°6′ de long. E. [Gr.]; il est possible que les nouveaux levés conduisent à modifier légèrement ces chiffres.

descente vers Kalgan, sur 500 mètres environ de hauteur, permet de voir au sommet ce basalte, puis des conglomérats incohérents et des grès fort épais de la série du Gobi, et à la base du trachyte. Kalgan même est sur le trachyte.

16. Conclusion. — Pour relier les détails, il a paru désirable de résumer la première moitié de ce chapitre dans un paragraphe spécial (p. 102). Nous y avons considéré la partie septentrionale du faîte sur toute sa largeur, depuis les falaises du horst que longe le Iénisséi, à l'Ouest, jusqu'à la rencontre du prolongement septentrional du Grand Khingan, à l'Est. Nous avons vu que tout l'Est de cette immense région de roches archéennes est dominé par la direction W.S.W. ou S.W., dite « du Baïkal », et que dans tout l'Ouest règne de même la direction E.S.E. ou S.E., celle « du Saïan ». Nous avons vu aussi que ces deux directions, du moins dans la mesure où les explorations faites jusqu'ici permettent de l'affirmer, semblent se confondre, un peu à l'Ouest du Lac Baïkal, dans le Primorskii Khrébet, en une direction méridienne. Enfin nous avons reconnu que l'effondrement d'une grande partie de ce domaine a donné naissance à l'amphithéâtre d'Irkoutsk, qui est entouré de plis marginaux. Ceux-ci appartiennent au plateau cambrien et silurien qui s'étend jusqu'à la Mer Glaciale. Ces plis marginaux, de même que les plis posthumes des couches de l'Angara, ont été considérés comme les indices d'un rétrécissement de l'amphithéâtre, tandis que l'allure des couches au Primorskii Khrébet et le renversement d'une des bandes plissées de l'île Olkhon attestent une contraction analogue à l'époque précambrienne. Mais il nous a également paru certain qu'aux plissements de l'ancien faîte ont succédé des phénomènes disjonctifs, qui se traduisent par la formation des fosses allongées et des fractures à l'Est du Baïkal, des fosses du Lac des Oies, de la Djida et du Khilok, et enfin des deux moitiés du Lac Baïkal. Nous avons signalé les laves basiques surélevées; l'âge d'une partie de ces épanchements s'est trouvé devoir être remonté jusqu'à l'époque permienne, tandis qu'une autre partie doit être regardée comme de date très récente.

La seconde moitié de ce chapitre a fait connaître l'extension du faîte vers le Sud.

Une large zone de schistes et de grauwackes, à laquelle appartiennent les gisements dévoniens de la Transbaïkalie orientale, descend du Nord-Est en Mongolie. Un premier jalon de cette zone paléozoïque est visible à 70 kilomètres au Sud de Kiakhta, mais la

traînée principale ne commence qu'à Strétensk, sur la Chilka; elle se subdivise alors en plusieurs branches qui perdent ensuite leur individualité, atteint la vallée supérieure de l'Onon, passe à Ourga et embrasse tout le pays montagneux du Nord de la Mongolie jusqu'à l'entrée de la Vallée des Lacs; son allure fournit la preuve manifeste que le Khangaï appartient au faîte.

Encore à l'extérieur de cette enceinte, la direction caractéristique du Baïkal, E.N.E., règne jusqu'au puits d'Ikhé-Oudé, dans la partie orientale du Gobi.

Dans la partie occidentale du Khangaï, on ne retrouve pas la direction normale du Saïan, E.S.E. ou S.E. : pour autant qu'on la connaît, la direction s'infléchit davantage au S.S.E.; au centre, vers le bord sud, elle devient E.-W.

Ici encore sont intervenus des phénomènes disjonctifs; c'est ce qui résulte non seulement de la présence de nombreux pointements de basalte à l'intérieur même du Khangaï et de cratères récents au Terkhaïn-Tsagan-Nor, mais surtout de la structure des régions bordières de l'Ouest et du Sud. La fosse du Dzapkhyn, la Vallée des Lacs, dont la cuvette la plus déprimée, l'Oubsa, est celle qui est située le plus avant dans l'intérieur des montagnes, la fosse entre le lac Zaïssan et Bouloun-Tokhoï, toutes les fosses occupant le bord externe de l'Altaï Mongol jusqu'au cœur du désert de Dzoungarie, enfin le démembrement de l'Altaï Mongol lui-même en longues bandes analogues à des horsts, — tous ces accidents montrent qu'ici encore, et cette fois sur une très grande échelle, des phénomènes disjonctifs se sont fait sentir. Les horsts longs et étroits qui traversent la Vallée des Lacs, comme le Khankhoukheï et l'Argalintou, reproduisent l'aspect du Sviatoï Nos et de l'Olkhon. Ces grandes lignes disjonctives suivent sensiblement, elles aussi, la direction du Saïan et l'allure en arc de cercle du faîte tout entier.

Les laves surélevées ne manquent pas non plus. Du mélaphyre forme les cimes recouvertes de glace de l'Otkhon-Khaïrkhan-Tengri, à l'Est d'Ouliassoutaï, et du basalte couronne l'Ikhé-Bogdo, qui s'élève sur une des branches de l'Altaï Mongol entre le prolongement de la fosse du Dzapkhyn et le Gobi.

Il en est autrement dans la région intermédiaire de Minoussinsk.

Là, le trait le plus frappant est la transgression du Dévonien, qui souvent est accompagné par le Culm. Ces terrains s'élèvent à beaucoup plus de 8000 pieds [2500 m. environ], et ils atteignent non seulement les sommets du Tannou-Ola et du Kharkira, ce chaî-

non qui s'avance au loin dans la Vallée des Lacs, mais aussi certaines dépressions de cette vallée, et probablement la région des sources du Kobdo. Mais la transgression par elle-même ne saurait servir d'indice tectonique. La différence essentielle réside dans l'écart de direction du Saïan Occidental et du Tannou-Ola, qui s'orientent E.-W. ou E.N.E. On voit de même que le Iénisséi traverse, en amont de Krassnoïarsk et en amont des prolongements du Saïan Oriental, une série de plis dévoniens en fer à cheval, plis qui ressemblent de tous points, d'après les documents existants, aux plis posthumes en fer à cheval des couches de l'Angara qu'on observe au centre de l'amphithéâtre d'Irkoutsk.

On pourrait supposer qu'il existe aux environs de Minoussinsk une nouvelle aire de rétrécissement indépendante, comme l'amorce d'un faîte autonome qui rattacherait le Saïan Oriental à l'Alataou de Kouznetsk. Malheureusement, bien des points sont encore trop peu connus, dans le Sud, pour qu'il soit possible de se prononcer à cet égard; l'extension du renversement du Tasskyl et la structure de la partie orientale de Tannou-Ola sont au nombre de ces lacunes.

Sur toute l'étendue du territoire qui a été passé en revue dans la seconde moitié de ce chapitre, les âges mésozoïques et tertiaires ne sont encore représentés que par des couches à empreintes végétales.

CHAPITRE IV

FORMATIONS PÉRIPHÉRIQUES A L'EST DU FAITE

1. La ligne de partage des eaux de la Mer Glaciale. — 2. Le Grand Khingan. — 3. Plaine du haut Amour. — 4. Monts Aldan. — 5. Monts de la Bouréïa ou Petit Khingan. — 6. Mandchourie. — 7. Sikhota-Alin. — 8. Hokkaido et Sakhalin. — 9. Coup d'œil général.

1. La ligne de partage des eaux de la Mer Glaciale. — Les premiers renseignements précis sur le grand fleuve Helong-Kiang ou Amour et sur les terres fertiles qui en bordent le cours paraissent être parvenus à Tomsk vers l'année 1636. Ces nouvelles se répandirent rapidement en Sibérie, et au mois de juillet 1643, Vasiléi *Poïarkov* partit de Iakoutsk, ville qui venait d'être bâtie depuis peu, pour explorer ce territoire et le soumettre. Il était accompagné d'une troupe nombreuse de « Promychlenni », chasseurs dont l'objectif principal est la capture des martres zibelines. L'expédition remonta l'Aldan, puis longea l'Outchour et s'engagea au Sud-Ouest dans la vallée du Konam, où elle passa l'hiver; au printemps suivant, elle traversa la ligne de partage des eaux, non loin de l'Atytchan, hauteur dont il sera question plus loin, et enfin atteignit l'Amour par le Gilioui et la Zéïa. Le retour eut lieu par la Mer d'Okhotsk.

En 1647, les Promychlenni de Iakoutsk annoncèrent qu'ils avaient réussi à trouver un passage beaucoup plus court et plus facile. Cette route, à partir de la Léna, empruntait la vallée de l'Olekma et celle de son long affluent le Tougir. De la source de ce cours d'eau, on atteignait aisément l'Amour, un peu en aval de la localité actuelle d'Amazar, en suivant la rivière Ourkan. Dans le courant de la même année, les Cosaques élevèrent un poste fortifié sur le Tougir, et en 1649 eut lieu, par cette voie, l'expédition, si importante pour l'histoire des contrées amouriennes, de

léroféi *Khabarov*, qui avait été équipée à Iakoutsk. Il n'est pas exact que cette route ait été abandonnée à cause de sa difficulté; car en 1651 l'expédition du cosaque Tchetchigin, et en 1652 le voyage de Sinoviev eurent lieu par le Tougir; un assez fort courant d'émigration, à partir de la Léna, s'établit en utilisant la même voie, quand le bruit de la prospérité du nouveau territoire se fut répandu, non sans exagération d'ailleurs; et l'on rapporte que, de la vallée de l'Amour, les courriers de Khabarov ne mettaient que 23 jours pour atteindre Iakoutsk par cet itinéraire.

Depuis cette époque, la voie du Tougir a été, il est vrai, de moins en moins fréquentée, mais la raison n'en est pas dans des difficultés d'ordre physique. En 1654, Békétov avait atteint pour la première fois l'Amour en venant de l'Ouest, par l'Ingoda et la Chilka; en 1655 arriva l'ordre d'envoyer désormais le tribut, non plus comme auparavant à Iakoutsk mais directement à Moscou. L'attention du gouvernement central était dirigée sur l'Amour, et, à partir de cette date, les communications avec Iakoutsk et la route passant par la ligne de partage furent abandonnées.

Mais les choses, sur les bords de l'Amour, allèrent d'une façon fâcheuse. Parmi les Russes immigrés se trouvaient peu de gens disposés à se fixer définitivement dans le pays. La forteresse des Cosaques, Albazin, fut prise d'assaut par les Chinois, rebâtie par les Cosaques et de nouveau assiégée par les Chinois. C'est alors, en juillet 1689, que s'ouvrit à Nertchinsk, ville fondée l'année précédente, un congrès destiné au règlement amiable de la situation. Le représentant principal de la Russie dans cette conférence était Fédor Golovin; les envoyés chinois avaient amené avec eux comme interprètes, pour les assister dans ces négociations, deux jésuites, le P. Gerbillon et le P. Pereira.

Le désir de conclure la paix était également vif de part et d'autre; mais l'on se trouvait au milieu d'immenses solitudes, et il fallait tracer des limites à travers un pays absolument inconnu. Du côté des Russes, l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg a fait paraître plus tard une relation de ces débats; du côté des Chinois, le P. Gerbillon a inséré dans l'ouvrage de Du Halde un mémoire fort intéressant sur le même sujet[1].

1. *Geschichte der Gegenden an dem Flusse Amur, von der Zeit, da selbige unter Russischer Oberherrschaft gestanden* (G. F. Müller, Sammlung Russischer Geschichte, II, 5. und 6. Stück), in-8°, St-Petersburg, bei der Kays. Academie der Wissenschaften, 1758, p. 293-448 (renferme également des données sur les mouvements des Russes dans la région de l'Amour avant 1689); le P. J. B. Du Halde, *Description géographique, historique, chronologique, politique, et physique de l'Empire de la Chine et de la Tartarie Chinoise,*

Il ne fut pas difficile de trouver une limite dans la direction du méridien; on tomba d'accord sur le choix de l'Argoun au Sud et de la Petite Gorbitza au Nord de la Chilka. L'Amour ne fut pas ratifié comme limite Est-Ouest par les Chinois. Il fallut, en conséquence, adopter la ligne de partage des eaux située au Nord du fleuve, ligne qui ne pouvait manquer, d'après les idées de l'époque, d'être une chaîne de montagnes. « Les chasseurs de zibeline, lit-on dans un rapport russe de 1740, ont coutume d'appeler ces montagnes en général *Stanovoï Khrébet*. Ils disent que les montagnes qu'il faut franchir en allant de Ieravna à Nertchinsk, et qu'on appelle dans le pays *Sablenoï* (sans doute pour Iablenoï) *Khrébet*, se rattachent aux précédentes, vers les sources de la rivière Tchita, affluent de l'Ingoda, en tournant dans la direction de l'Est »[1].

Dans les documents relatifs à la conférence de 1689, ces deux noms n'apparaissent pas encore.

Lors de la rédaction du traité, les Chinois, pour mieux préciser ce qui concernait la chaîne Est-Ouest, voulaient ajouter qu'elle se terminait du côté de la « Mer Orientale » par un long promontoire rocheux. Mais les plénipotentiaires russes élevèrent de vives protestations, ne voulant pas qu'il fût question de cela, car cette nouvelle formule chinoise tendait à prolonger la limite suivant la ligne de partage des eaux jusqu'au Tchoukotskii Nos, ce qui eût fait perdre à la Russie le territoire de l'Ouda; et ils purent exhiber au P. Gerbillon deux cartes à l'aide desquelles ils lui démontrèrent que ce cap était situé très au Nord, presque sous le 80e degré de latitude, disaient-ils. Ce promontoire avait été découvert, en effet, dès 1648, par Déjnev, et depuis, plusieurs expéditions avaient été envoyées sur l'Anadyr et au Kamtchatka. Le P. Gerbillon comprit qu'il n'était pas possible de satisfaire cette prétention; il supposa qu'il existait aux sources de la Gorbitza *deux chaînes* de rochers élevés. L'une suivrait une direction parallèle à l'Amour, droit à l'Est : ce serait celle que les Moscovites proposaient comme limite. La seconde chaîne, qu'il appelle *Nossé*,

in-folio, Paris, 1735, cartes; t. IV, p. 163-251 : *Second voyage fait par ordre de l'Empereur en Tartarie par les Pères* Gerbillon *et* Pereira, *Missionnaires de la Compagnie de Jésus à la Chine, en l'année 1689;* voir aussi Gerbillon, *ibid.*, p. 57.

1. (Müller) : *Von dem Amurflusse, besonders von der nördlichen Seite desselben und dem zwischen dem russischen und chinesischen Reiche bestimmten Gränzgebirge, wie auch von der Gegend der Udflusses und deren übrigen zwischen dem Ud und Amur in das Weltmeer fallenden Flüssen.* Auf Ihro kays. Majestät eigenhänd. Befehl v. 1. Febr 1740 u. Befehl aus d. hoh. dirig. Senat v. 8. Febr. dess. J. verfertigte Nachricht (reprod. dans A. F. Büsching, Magazin für die neue Historie und Geographie, II. Theil, Hamburg, 1768, p. 483-518; en particulier, p. 487).

courrait au Nord-Est; entre les deux serait compris le territoire de l'Ouda[1]. Cette hypothèse devint la base du traité de paix de Nertchinsk. Après que le P. Gerbillon fut parvenu à faire comprendre aux Chinois l'extrême éloignement du Nos, on se contenta d'une formule vague au sujet de l'extrémité orientale de la ligne de partage des eaux, tout en réservant la question de l'Ouda.

Les renseignements fournis sur cette partie de l'Asie par le P. Gerbillon ont été utilisés dans les grands travaux cartographiques des Jésuites, travaux qui sont restés, d'une manière générale, jusqu'à une date fort récente, la base de toutes les cartes de l'Empire Chinois.

L'hypothèse des deux chaînes de montagnes au Nord de la Gorbitza a été abandonnée. Et, de même, les limites politiques fixées à cette époque ne subsistent plus. Mais ces tentatives, louables en elles-mêmes, pour donner une issue pacifique à un conflit de frontières en pays inhabité et inconnu ont laissé derrière elles des traces fâcheuses, qui n'ont pas encore complètement disparu : c'est la conception d'une chaîne de partage, extrêmement prolongée, à laquelle le P. Gerbillon appliquait un nom qui provient probablement d'un malentendu, le nom de Nossé (Tchoukotskii Nos) : cette chaîne, qui s'étendrait du cap en question jusqu'à la Tchita, porte encore, sur un grand nombre de nos cartes, la dénomination collective de Stanovoï. Or, cette conception n'est pas d'accord avec les faits.

Dans l'examen de cette question, nous pouvons prendre pour point de départ l'exposé donné par Middendorff[2].

D'après cet éminent explorateur, le nom de « Monts Stanovoï » s'applique à un système de montagnes long d'environ 4000 verstes, auquel cette appellation a été donnée par les Cosaques à l'époque de la conquête et qui forme la ligne de partage des eaux du continent, du Cap des Tchouktches jusqu'en Daourie. Sur ce long intervalle, il y a lieu de distinguer, d'après Middendorff : a) les *Monts Aldan;* b) la partie orientale d'une chaîne de partage, les Monts Stanovoï de Pallas ou *Monts de la Zéïa*, depuis les affluents du Silimdji et de la Kouréïa (par 131° 30′ de long. E. environ) jusqu'au voisinage des sources de l'Olekma (par 121° 30′ environ); c) la partie occidentale de la même chaîne de partage ou *Monts*

1. Le P. Gerbillon, *Second voyage*, etc., p. 198.

2. A. Th. v. Middendorff, *Reise in den äussersten Norden und Osten Sibiriens während der Jahre 1843 und 1844.* In-4°, St-Petersburg, IV, Theil 1, 1867, cartes; p. 114, 140, et surtout 211 et suiv.

de l'Olekma jusqu'au versant du Baïkal (vers 113°); d) le *Iablonovii*, de là jusqu'au Gobi.

Middendorff était arrivé à se représenter ainsi les choses, en étudiant les relations de ses prédécesseurs et à la suite d'un long et pénible voyage sur le versant sud du tronçon médian. Il n'eut pas à franchir la prétendue chaîne de partage; mais il rapporta la nouvelle inattendue que, par suite des termes vagues du traité de Nertchinsk, la plus complète incertitude régnait sur le tracé de la frontière avec la Chine, et même que les Chinois avaient placé leurs bornes de démarcation beaucoup plus au Sud qu'on ne le supposait en Russie.

Ces découvertes eurent pour effet de provoquer l'envoi de plusieurs expéditions en vue d'étudier la ligne de partage des eaux. Maydell les a toutes énumérées; et l'on remarquera que Schwarz, l'astronome de la grande expédition qui parcourut la Sibérie de 1855 à 1858, exprimait déjà des doutes sur l'existence d'une pareille chaîne, longue et continue[1].

Quelques années plus tard, on conçut le projet de mettre les laveries d'or de l'Olekma en communication avec Tchita. Au nombre des personnes envoyées à la recherche d'une route nouvelle se trouvait le prince Kropotkin. Après de nombreux voyages dans ces régions, Kropotkin déclarait, en 1875, que la longue muraille qui était censée s'étendre d'Ourga au Kamtchatka n'était qu'un pur « produit de l'imagination » : la prétendue chaîne continue du Khrébet Stanovoï, servant de ligne de partage des eaux entre la Mer Glaciale et l'Océan Pacifique, n'existerait pas du tout, qu'on la conçoive haute ou basse, escarpée ou aplatie[2].

Kropotkin nous a donné un tableau très net du massif montagneux du Vitim. A partir de la Tsipa, sur trois degrés de latitude et sur une grande distance vers l'Est, règne la plus complète unifor-

1. Baron Gerhard Maydell, *Reisen und Forschungen im Jakutskischen Gebiet Ostsibiriens*, II (Schrenck und Schmidt, Beiträge zur Kenntniss des Russischen Reiches, 4. Folge, II, 1896, p. 164, 206, 274, 320, etc.). On trouve en outre d'importantes indications sur l'orographie de cette région dans l'ouvrage de Fr. Schmidt, P. v. Glehn et A. D. Brylkin, *Reisen im Gebiete des Amurstromes und auf der Insel Sachalin* (Baer und Helmersen, Beiträge zur Kenntniss des Russischen Reiches, XXV, 1868, 304 p., 3 cartes).

2. P. Kropotkin, *Esquisse de l'orographie de la Sibérie Orientale*, r. (Zapiski Soc. Imp. Russe de Géogr., V, 1875, p. 1-91, 1 carte, 4 pl. de profils; voir p. 56, etc.). L'existence du Stanovoï oriental est contestée de la façon la plus formelle dans les *Memoiren eines Revolutionärs* du même auteur, in-8°, Stuttgart, 1900, p. 10-14. [Éd. française, publiée sous le titre de : P. Kropotkine, *Autour d'une vie. Mémoires*, 1 vol. in-18, Paris, 3e éd., 1902, p. 229-233.]

mité. Une forêt de mélèzes continue couvre tout. « Le paysage, dit Kropotkin, a perdu toute individualité[1]. »

Un continent archéen primitif, ayant depuis longtemps perdu ses formes originelles, recoupé à des distances variables par quelques lignes disjonctives que jalonnent des basaltes ou des porphyres, et dans lequel les cours d'eau du Nord et du Sud ont entaillé à reculons des sillons nombreux et ramifiés, — tel est l'aspect sous lequel nous devons nous représenter la charpente de la région faîtière; et les voyageurs qui ont cherché à y suivre la ligne de partage entre les deux versants ne sont pas arrivés à une chaîne de montagnes longue et continue, mais à des forêts vierges, à des amas de rochers recouverts de mousses et à de vastes marais, interrompus çà et là par des lacs.

Mais plus à l'Est, à ce que pensait Kropotkin, des sources de la Tchitchatka (affluent gauche de l'Amazar, 120° 30′ de long. E.) à celles du Gilioui (affluent droit de la haute Zéïa, sources par 125° 45′ de long. E.), la ligne de partage, sur l'emplacement prétendu du Stanovoï, est formée par des croupes qui, analogues et parallèles à celles du Gazimour, remontent du désert de Gobi dans la direction du Nord-Est.

Les observations plus récentes ont confirmé cette manière de voir.

Au printemps de 1883, Joseph Martin partit des laveries d'or situées au Sud du Patomské Nagorié pour traverser le Stanovoï. Après de longues et pénibles pérégrinations entre l'Olekma et le Vitim, il franchit le Tougir à l'altitude d'environ 600 mètres; puis il trouva sur le Stanovoï des montagnes arrondies, atteignant çà et là 1 300 ou 1 500 mètres; après avoir essuyé des tempêtes de neige continuelles en franchissant la ligne de partage, il atteignit l'Amour en longeant l'Amazar. Le voyage à travers ces solitudes avait duré neuf mois. « Il est à remarquer, écrit Martin, que dans la région de mon voyage le Stanovoï montre un relief moins accentué que le faîte entre le Vitim et l'Olekma. »

L'année suivante, Martin explora la ligne du Stanovoï entre la haute Olekma et la Zéïa, et il y retrouva la même configuration du sol. Là encore, il vit des croupes arrondies, au-dessus desquelles des montagnes en forme de pains de sucre (goltzi) se dressent à 1 000 ou 1 500 mètres[2].

1. Kropotkin, *Rapport sur l'Expédition à l'Olekma et au Vitim*, r. (Zapiski Soc. Imp. Russe de Géogr., III, 1873, p. 378); *Orographie de la Sibérie Orientale*, r. (Ibid., V, 1875, p. 63).

2. Joseph Martin, *Voyage dans la Sibérie Orientale* (Compte rendu Soc. Géogr. Paris, 1887, p. 226 et suiv.).

Les travaux des géologues russes nous offrent dès à présent un tableau assez net.

Ghérassimov a mis hors de doute le fait que le horst des Iablonovii ne décrit pas du tout vers l'Est, autour des sources de la Tchita, le coude qu'admettaient les chasseurs de zibeline de 1689, mais qu'il se prolonge en ligne droite entre le Vitim et la Karenga[1].

A environ deux degrés de longitude plus à l'Est, Ghédroïtz a remonté la rivière Kouenga et son affluent de gauche l'Aléour. Il atteignit, autant qu'on en peut juger, non pas tout à fait la ligne de faîte, mais le bord escarpé d'un plateau, peut-être la lisière d'un horst qui s'étendrait vers le Nord.

Plus à l'Est encore, près de Strétensk, les Monts de la Chilka s'élèvent au nord de ce cours d'eau. Ils conservent la direction du N.N.E. et semblent se rattacher étroitement au Borchtchévochtnii. Dans ce massif, Ghédroïtz a atteint entre le cours supérieur du Tchernii Ourioum et celui de l'Amazar la *hauteur d'Ourioum* (852 m., 53° 45′ de lat. N., 119° 12′ de long. E.). Au Nord-Ouest, cette crête tombe directement sur l'un des premiers affluents de l'Olekma. A l'Est, sur le cours supérieur de l'Amazar, débouche la Tchitchatka, la petite rivière que mentionne Kropotkin[2].

Le point suivant de la ligne de partage a été atteint par M. Ivanov à la *Sergatchinskaïa Sopka*, entre les affluents supérieurs de l'Ourouchi et l'Oldoï (54° 38′ de lat. N., 122° 40′ de long. E.). Là, on se trouve sur une sorte de haut plateau, que surmontent quelques croupes et quelques éminences isolées; la Sergatchinskaïa est la plus notable de ces saillies, et domine le fond de la vallée de l'Ourouchi de 800 mètres. Ce haut plateau s'incline au Sud-Est vers la grande plaine de l'Amour, dont il forme le bord. Il est constitué par le terrain archéen, dont la direction est N. 40 à 60° E., et sur la lisière orientale, du côté de la plaine, on voit une zone sédimentaire probablement dévonienne. On n'y a trouvé que des traces de Polypiers et de Bryozoaires. M. Ivanov suppose que ce même

1. A. Guérassimow, *Compte rendu sommaire des recherches géologiques faites en été 1898 le long du Transsibérien entre Tchita et Nertchinsk*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, XIX, 1899, p. 14, 15, 23) : « La ligne de partage des eaux, dit ce voyageur, ne coïncide nullement avec une chaîne simple, mais est formée par une série de tronçons successifs, appartenant à des reliefs tectoniques distincts. »

2. Prince Giédroïc [Ghédroïtz], *Explorations géologiques le long du Chemin de fer de Sibérie entre Strétensk et Pokrovskaïa*, r. f. (Explor. etc., VI, 1897, p. 83-137); il est question, p. 89, de la ligne de partage des eaux. — Toutes les positions géographiques que nous indiquons ici sont extraites de la carte russe à l'échelle de 40 verstes au pouce, carte dont certaines parties auraient besoin d'être modifiées d'après les observations récentes; elles n'ont d'autre but que de faciliter l'orientation du lecteur.

plateau atteint au Sud-Ouest la Chilka et qu'il se prolonge au Nord-Est au delà de l'Our, sur le bas Gilioui. En tout cas, il est très analogue aux chaînes dirigées N.E. de la Transbaïkalie orientale, et peut-être représente-t-il le prolongement de l'une d'entre elles. La jonction se ferait immédiatement au Nord de l'extrémité du Grand Khingan, dans le bassin de l'Amazar par exemple. Donc la Sergatchinskaïa indique que le faîte se prolonge encore au Nord du Grand Khingan. Les habitants des rives de l'Amour la désignent sous le nom de Iablonovii pour se conformer à la tradition, et quoiqu'elle n'ait rien de commun avec le Iablonovii[1].

Dès 1856, Oussoltzov remontait l'Oldoï, puis, tournant le long du bras droit de ce cours d'eau, il arrivait à travers ces solitudes dans un territoire tout couvert de blocs de granite. Il atteignit, après un long et périlleux voyage, le haut Gilioui et vers ses sources le massif de l'*Atytchan*, dans lequel il crut reconnaître, conformément aux idées de l'époque, un prolongement du Iablonovii. En remontant la Koudoula, il s'éleva jusqu'à la ligne de partage, qu'il trouva occupée par des marais dont les émissaires s'écoulent dans différentes directions. Il n'est malheureusement pas possible d'extraire de sa relation des renseignements plus précis[2].

L'étude des gîtes aurifères de la haute Zéïa a conduit à des résultats inattendus. Entre ses deux affluents l'Our et le Gilioui, au voisinage de la région dans laquelle on peut croire que se prolonge la zone étudiée par M. Ivanov, une chaîne de montagnes imposante, le *Khrébet Toukouringra*, s'avance du Nord-Ouest vers la vallée de la Zéïa. Makérov dit que la vallée du Gilioui et tout le Toukouringra sont formés de gneiss rouge et gris, dont la direction est N. 290 à 330° W. avec plongement prédominant au S.W.; les couches sont parfois verticales ou dessinent des plis très redressés qui, sur le cours supérieur du Khougder par exemple, passent à une structure imbriquée. Au Nord-Est, sur l'Ilikan, vient du granite. Sur le versant méridional du Toukouringra, il y a des phyllades et aussi des schistes graphiteux, orientés N. 295° à 300° W. et plongeant N.E.[3].

1. M. Ivanow, *Explorations géologiques au bassin du haut Amour* (*région de la Zéïa et de la Bouréïa*) *et au flanc occidental du Petit Khingan*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, VIII, 1898, p. 51-79, 2 cartes; voir notamment p. 54 et suiv.).

2. Oussoltzov, *Voyage aux sources du Gilioui et à la Zéïa pendant l'été de 1856*, r. (Viestnik Soc. Imp. Russe de Géogr., XXII, 1858, p. 143-160).

3. J. Makérov, *Esquisse géologique des gîtes aurifères du bassin de l'Amour*, r. (Izviestiia Section Sibérie Orientale Soc. Imp. Russe de Géogr., XX, n° 3, 1889, p. 38, 40). — Middendorff a aussi vu le Toukouringra et reconnu qu'il se rattache à la chaîne de partage (*Reise*, etc., IV, Theil 1, p. 217, note). — L. Iatchevsky a également visité

Là, au Toukouringra, commence un nouveau régime : la direction des terrains ne correspond plus désormais à celle des plis baïkaliens du faîte et de la Sergatchinskaïa, mais à celle des chaînes orientales. En même temps apparaît une tendance au plissement vers l'Est.

Sur les bords du Denn (affluent de gauche de la Zéïa), on connaît un grès brun à *Cyathocrinus* et *Streptorhynchus*[1].

En résumé, nous arrivons à la conception suivante de la ligne de partage entre les versants de la Mer Glaciale et de l'Océan Pacifique :

Le Iablonovii, qui constitue une partie du horst des Monts Malkhan, arrivant de la Mongolie avec une légère inflexion, ne se recourbe pas vers l'Est, mais court en ligne droite à l'E.N.E. entre le Vitim et la Karenga. Les horsts et les rubans montagneux situés plus à l'Est, qui suivent tous la direction N.N.E. ou E.N.E., ne forment pas directement ce tronçon de la ligne de partage des eaux, empruntant au contraire de larges arêtes de jonction transversales. Il est probable que ces divers groupes de hauteurs s'avancent à des distances inégales dans cette direction avant de disparaître au milieu de la taïga, tandis que dans les intervalles ou sur leurs croupes dénudées les cours d'eau des deux versants empiètent tantôt dans un sens, et tantôt dans l'autre.

Il faut rapprocher de ces rubans montagneux la Sergatchinskaïa, dont la lisière probablement dévonienne forme le bord nord-ouest de la plaine de l'Amour.

Dans le bassin de la Zéïa, le Toukouringra n'appartient pas au faîte, non plus que le Grand Khingan.

En somme, Kropotkin a très bien apprécié les choses. Les Monts de l'Olekma de Middendorff se confondent avec les contreforts du faîte. Nous essaierons bientôt d'analyser la partie orientale de la ligne de partage. L'alignement Stanovoï-Iablonovii doit disparaître de nos cartes.

L'érosion régressive a évidemment beaucoup contribué dans cette région à déterminer l'allure de la ligne de partage. Tel était déjà le cas pour la partie méridionale de cette ligne de partage, entre le Iénisséi et l'Amour; mais ici, sur les larges croupes archéennes qui vont rejoindre le Kenteï, les lignes tectoniques ont

ces gisements d'or (Matériaux pour la Géol. de la Russie, XIII, 1889, p. 228 et suiv., carte, r.); voir en outre V. A. Iantchoukovsky, Gornyi Journal, 1890, I, p. 358.

1. A. Stuckenberg, *Materialien zur Kenntniss der Fauna der devonischen Ablagerungen Sibiriens* (Mém. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, 7e sér., XXXIV, n° 1, 1886, 20 p., 4 pl.).

exercé une influence moindre sur le tracé des cours d'eau, qui tantôt les suivent et tantôt les évitent; et c'est ainsi que prend naissance, sur le haut Tchikoï et sur la haute Ingoda, un véritable labyrinthe d'artères fluviales, où Ghérassimov a pu suivre les sources de l'Ingoda jusque dans la région schisteuse qui occupe le flanc méridional du Sokhondo.

2. Le Grand Khingan. — I. D. Ivanov a montré que les Monts *Nioukdja*, qui figurent sur les cartes comme contrefort du Grand Khingan, au Nord de l'Amour, entre ce fleuve et la Zéïa, n'existent pas du tout, mais qu'une vaste plaine s'étend d'un cours d'eau à l'autre [1]. Et jusqu'à présent, on ne possède aucun renseignement positif sur la prétendue chaîne de l'*Ilkhouri-Alin*, dessinée au Sud de l'Amour avec une direction analogue; on sait seulement que la ligne de partage entre les affluents du Nonni et ceux de l'Amour passe par cette région.

Les travaux de Ghédroïtz nous ont révélé la largeur inattendue du Khingan sur l'Argoun et sur la basse Chilka, et nous ont conduit à la frontière mongole jusqu'au voisinage de la grande dépression du lac Kouloun (49° de lat. N.). M. Obroutchev a pris la peine de mettre à ma disposition la liste des échantillons de roches recueillis par Kropotkin [2] et Manakin [3], et de déterminer les collections faites par Potanin et Palibin en 1899 au cours de deux voyages dont la relation n'a pas encore paru, collections dont il a bien voulu me communiquer également le catalogue. L'itinéraire de Potanin part des lacs Tareï, Kouloun et Bouir, passe ensuite au temple de Tchakyl-ssoumé, par 118° de long E. et un peu au Sud du 46° de lat. N., puis franchit le Khingan dans la direction du Sud-Est pour aboutir au temple de Khan-tabyn-ssoumé (119° 15′ de long. E., 45° de lat. N.), et revenir seulement alors le long du versant oriental à l'Argoun, en suivant le 118e méridien. Le botaniste Palibin est allé d'Ourga au Kéroulen; abordant le Khingan par 118° de long. E. et 44° de lat. N., il franchit cette chaîne en descendant la vallée du Chara-Mouren, atteignit la mission de

1. D. Ivanow, *Le partage des eaux de l'Amour et de la Zéia*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, XII, 1899, p. 31-64, carte).

2. P. Kropotkin, *Description de l'Itinéraire du poste de Staro-Zouroukhaïtou par la ville de Mergen à Aïgoun*, r. (Zapiski Section Sibérienne Soc. Imp. Russe de Géogr., Irkoutsk, VIII, 1865, p. 1-57). Andronnikov, qui a fait le voyage de Staro-Zouroukhaïtou à Tsitsikar, a rapporté du porphyre, du mélaphyre et du basalte.

3. M. Manakin, *Description de l'Itinéraire du poste de Staro-Zouroukhaïtou par Mergen et Aïgoun à Blagoviechtchensk sur l'Amour*, r. (Zapiski Sous-Section de Tchita Soc. Imp. Russe de Géogr., III, 1898, p. 1-79).

Toung-tsia-in-tsé (118° de long. E., 42°30′ de lat. N.) et enfin Kalgan.

Aucun de ces itinéraires ne rencontre l'Ilkhouri-Alin; une notable partie de leur tracé se développe dans la région méridionale du Khingan.

Les traits généraux de la situation paraissent être les suivants :

Le Grand Khingan est traversé par la basse Chilka et l'Amour sous l'aspect d'une chaîne de montagnes ayant bien 180 à 200 verstes de large. Cette largeur correspond à peu près à celle de l'ensemble des Alpes entre Lucerne et Côme. La partie occidentale de ce profil est seule relativement connue, mais les anciennes observations de Schmidt permettent de constater que la même direction règne aussi dans l'Est. Des gneiss et des schistes anciens, puis des dépôts dont l'âge est probablement paléozoïque, ainsi que du granite, du porphyre et de la diabase constituent ces montagnes. Là, dans le Nord, les formations volcaniques récentes ne jouent qu'un rôle insignifiant. Au contraire, près de la bordure occidentale apparaît une puissante traînée de granite « de type dioritique », qui court dans la direction du S. S. E., de la Chilka jusqu'au delà du 52°. Sa largeur, variable, peut atteindre par endroits une trentaine de verstes, d'après les descriptions existantes.

Il est difficile de comprendre comment cette chaîne large et puissante peut se terminer ainsi brusquement au Nord de la Chilka, à l'approche de la Sergatchinskaïa Sopka, qui s'aligne N.E.-S.W. parallèlement au Baïkal; c'est cependant ce qui résulte des observations d'Ivanov.

Les terrains volcaniques récents qui se montrent près de Nertchinskii Zavod, le long du haut Argoun et au lac Kouloun, font partie d'un ensemble d'affleurements éruptifs très étendus qui, à partir de là, accompagnent tout le Khingan.

Les roches qui ont été recueillies entre la vallée du Kéroulen et les lacs Tareï confirment, selon Obroutchev, l'hypothèse d'après laquelle les terrains du Sud-Est de la Transbaïkalie se prolongeraient au Sud-Ouest, en Mongolie.

Kropotkin a quitté l'Argoun au N. du 50° de lat. Nord et franchi le Khingan par 49° 30′; l'itinéraire de Manakin coïncide d'abord avec le précédent, mais sa traversée du Khingan fut effectuée un peu plus au Nord. Ces deux voyageurs ont signalé, non seulement à l'Ouest, mais aussi sur la crête même du Khingan et dans une grande partie du versant oriental, des schistes argileux et du granite, quelquefois aussi du porphyre et des grès rouges redressés;

il est possible d'ailleurs que, sur l'un de ces itinéraires, le granite et la rhyolite aient été plus d'une fois confondus ; dans l'ensemble, l'impression n'en demeure pas moins qu'au Sud du 50e degré de latitude, la constitution du sol diffère peu de ce qu'elle est plus au Nord, et que, là encore, ce sont des terrains anciens qui forment la plus grande partie du Khingan proprement dit.

Un peu plus loin du Khingan à l'Est, au delà de 123° 30′, les choses changent d'ailleurs complètement. Après avoir franchi le Khingan vers les sources du Nomin, on rencontre sur le versant oriental, d'après Potanin, quelques chaînes parallèles de granite et de porphyre présentant une direction presque méridienne et des pentes très raides du côté de l'Est. Le Mont *Chater*, au coude du Nomin, est un volcan éteint avec cratère bien conservé, d'après Manakin[1]. De même, d'après Potanin, à l'Est de ce volcan, près de la ville de Mergen, on trouve au confluent de la Gouila et du Gan les restes d'un cratère, et au Nord-Est de Mergen, sur la route d'Aïgoun, les rochers sont parsemés de blocs d'une lave vacuolaire. Sur cette même route, le Mont *Koronan* est un cratère. A environ 100 verstes à l'E.S.E. de Mergen est situé le Mont *Ouïoun-Kholdongi* (48° 40′ de lat. N., 126° 27′ de long. E.), où une éruption, d'après les documents chinois, aurait eu lieu en 1720[2].

La ville de Mergen est donc entourée d'un district volcanique récent, qui mesure 200 verstes de l'Ouest à l'Est, du Chater à l'Ouïoun-Kholdongi. Lorsqu'on va de Mergen à Aïgoun, on trouve au delà du Koronan, sur la croupe haute de 557 mètres qui sépare le Nonni de l'Amour, du granite et de la diorite ; mais sur le versant de l'Amour, on revoit de gros blocs de lave.

Encore à Bibikovo, à 60 verstes en amont de Blagoviechtchensk, se montrent des laves récentes, et Kropotkin a cru y voir les traces d'un cratère.

Le district volcanique de Mergen constitue en même temps une sorte d'annexe, vers l'Est, aux affleurements volcaniques du Khingan et une partie de la ceinture du Gobi Oriental.

Une autre région volcanique importante est située beaucoup plus au Sud, à l'Ouest du Khingan, dans le désert. Lermontov l'a atteint vers *Amagolon-Khan* (Bogdy-Ola, 43° 35′ de lat. N., au N.N.W. de Dolon-Nor), et Mouchkétov l'a décrit. Le point culmi-

1. Diamètre, 400 m. ; profondeur, 36 m. ; hauteur relative, 163m,50. Le cratère s'ouvre vers l'Ouest ; ses parois plongent de 45° vers le marais qui en occupe le fond ; elles sont formées de lave grise et rouge et de scories (Manakin, Mém. cité, p. 45).

2. I. V. Mouchkétov, *Géologie physique*, r., in-8°, I, St-Pétersbourg, 1891, p. 248.

nant répond à un sommet conique, ébréché en fer à cheval, qui ressemble à un cratère. Les roches qu'on y rencontre sont des basaltes, des tachylites, des limburgites, etc. Son altitude est de 2 266 mètres, mais comme la steppe est déjà à 2 019 mètres, sa hauteur relative est faible. Il n'en est pas moins visible de très loin, et sert de jalon aux caravanes à une grande distance à la ronde[1].

Jusque vers 45°, en venant du Nord, Potanin trouva du granite, du porphyre et des schistes argileux. Au Sud de cette latitude, sur le versant oriental, on sait, grâce aux récoltes de Poutiata et Borodowski et à la description de Mouchkétov, qu'il existe des roches volcaniques en un grand nombre de localités. Des basaltes ont été rencontrés sur toute une série de points, à l'Est et à l'Ouest du 118e méridien, entre 43° 30′ et 42° de lat. N. Du trachyte apparaît près de Khou-antou-Kat (au Nord de 41° de lat. N., par 118° de long. E.). Les renseignements donnés par ces voyageurs confirment l'opinion d'après laquelle le Grand Khingan ne possède qu'un versant oriental et représente simplement une sorte de palier; Mouchkétov l'a décrit récemment comme étant le résultat d'une faille : « C'est une haute terrasse, dit-il, par laquelle la Mongolie descend vers la Mandchourie, l'un des gradins gigantesques par lesquels l'Asie Orientale s'abaisse vers la mer[2] ».

Prjévalsky, en se dirigeant de Péking vers le Nord, atteignit la Grande Muraille à Hou-beï-kou (221 m.). De là il parvint, après un trajet d'environ 180 verstes à travers des vallées d'érosion creusées dans le gneiss et la granulite, à la ville de Dolon-Nor (1 263 m.), sur les pentes du Grand Khingan, et au Nord-Ouest et à l'Ouest de ce point le haut plateau de la Mongolie arrive tout de suite à dépasser 2 000 mètres; au sommet, l'aspect jusqu'alors rocheux du paysage change : on entre brusquement dans les plaines monotones du Gobi[3].

La ville de Dolon-Nor est bâtie sur des terrains anciens que percent des filons de quartz; puis vient, au Nord-Ouest, du porphyre quartzifère, et cette roche constitue, semble-t-il, la montée par laquelle on accède au plateau du Gobi.

1. Mouchkétov, *Notes géologiques sur la Mongolie orientale*, r. (Gornyi Journal, 1881, II, p. 80-98, carte).

2. L. J. Borodowski, *Matériaux pour la relation de l'Expédition au Khingan du colonel* Poutiata, r. (Zapiski Société Scientifique de l'arrondissement de l'Amour, Vladivostok, III, 1894, 155 p., 1 carte); I. Mouchkétov, *Sur la constitution géologique du Khingan et de la Mongolie orientale, d'après les données de MM.* Poutiata *et* Obroutchev, r. (Verhandl. Russisch-k. Mineralog. Ges., 2. Ser., XXX, 1893, p. 448-450).

3. N. von Prschewalski, *Reisen in der Mongolei*, etc., deutsch von A. Kohn, in-8°, Jena, 1877, p. 88 et suiv.

Un intérêt particulier s'attache à l'extrémité méridionale du Grand Khingan.

Ferdinand von Richthofen a insisté à plusieurs reprises sur ce fait que le bord externe des failles et des flexures du Chan-si, qui coïncide avec la bordure occidentale de la grande plaine, correspond à la direction du Grand Khingan. Dans son célèbre essai de carte tectonique du Nord de la Chine, le prolongement hypothétique de la cassure maîtresse a été désigné sous le nom de *ligne du Khingan;* plus récemment, le même savant a indiqué comme très probable le rattachement en arc de cercle des montagnes du Tchi-li septentrional avec le Khingan, au Nord ou au Nord-Nord-Est de Péking[1].

Sans reproduire les détails qui ont été déjà indiqués précédemment (II, p. 229-238), on peut en donner le résumé suivant :

Entre 53° 20′ et 52° de lat. N. et entre 120° et 123° de long. E., des plis de terrains anciens, accompagnés du côté de l'Ouest par une puissante traînée granitique, traversent obliquement la basse Chilka et le bas Argoun. Leur direction, qui est S.E.-N.W., devient bientôt N.-S. Vers Nertchinskii Zavod, des roches volcaniques récentes s'adossent au flanc occidental de la grande chaîne. A l'Est, dans le bassin supérieur du Nonni, autour de Mergen, s'étend une région d'activité volcanique récente. Sur une longue distance, son prolongement dans la direction du méridien se trouve un peu à l'Ouest du 122°; entre 50° et 49° de lat. N., la grande chaîne s'infléchit peu à peu, d'abord vers le S. S.W., puis vers le S.W. ; accompagnée de roches volcaniques, elle atteint non loin de Dolon-Nor, par 42°, le 116e méridien et, d'après l'hypothèse de Richthofen, passe aux lignes d'affaissement de Péking. Ces laves sont probablement en continuité avec les grands champs de laves du Sud de la Mongolie.

Au Nord, le Grand Khingan est comme on l'a dit une chaîne de plissement fort large ; mais il présente du côté de l'Est un palier très étendu, analogue à une flexure ou à une faille; il en va de même au Sud, près de Dolon-Nor, et les lignes d'affaissement de Péking répondent de même à cet abaissement vers l'Est. Sur quelques points, la chaîne paraît s'atténuer très graduellement vers l'Est; mais les observations sont encore bien incomplètes, et l'on

1. F. von Richthofen, *China. Ergebnisse eigener Reisen und darauf gegründeter Studien, II. Das nördliche China,* in-4°, Berlin, 1882, p. 520, et pl. VI : carte; et *Über Gestalt und Gliederung einer Grundlinie in der Morphologie Ost-Asiens* (Sitzungsber. k. Preuss. Akad. Wiss. Berlin, 1900, XL, p. 888-925; notamment, p. 900 et suiv.).

ne sait pas si cette disposition provient de ce que la flexure disparaît ou si elle résulte de l'entassement des laves sur les bords.

Les porphyres, aussi bien que les trachytes et les basaltes du Khingan, sont postérieurs au plissement de la chaîne. Sur les horsts des environs de Péking, on sait que le Cambrien est resté horizontal; cette transgression est inconnue dans le Nord. Par contre, on n'a pas signalé de roches éruptives récentes le long des flexures de Péking.

En somme, il est certain que le Grand Khingan représente un palier important entre les hautes régions de l'Ouest et les régions déprimées de l'Est, ou, pour employer l'expression caractéristique de Richthofen, une grande « marche de pays » (*Landstaffel*). Jusqu'à quel point forme-t-il en même temps une ligne de « débordement » (*Ueberwallung*), dans le sens où l'entend Richthofen? C'est ce que nous aurons à examiner plus tard.

3. Plaine du haut Amour. — Le bord nord-ouest de la plaine occidentale de l'Amour est formé par la lisière probablement dévonienne de la chaîne, courant N.E.-S.W., de la Sergatchinskaïa, et M. Ivanov remarque que sur cette lisière apparaissent des granites et des syénites, entourés d'auréoles de contact[1].

Le contraste des directions est ici très marqué. Les chaînes de la Transbaïkalie conservent leur direction N.E. ou E.N.E.; dans le Khingan on voit au contraire, au Nord, la direction N.W.; plus au Nord-Est encore, le Toukouringra s'oriente également N.W.

Mais il semble que cette direction N.W. n'appartienne qu'aux régions septentrionales; le Khingan devient parallèle au méridien et bientôt commence à se montrer la direction N.N.E., qui, vers le Sud, prend une importance croissante, comme si, en somme, la direction du faîte tendait à reparaître.

La constitution de la plaine qui s'étend au Nord du haut Amour n'est pas absolument simple. Déjà, près du bord oriental du Khingan, apparaissent les couches de l'Angara avec *Asplenium whitbyense*, *Czekanowskia rigida*, etc., et ces couches occupent tout l'Ouest de la plaine; elles continuent à affleurer le long de l'Amour jusqu'au delà du 126°, puis au Nord, sur l'Our et sur la Zéïa, jusqu'à l'E. du 128°[2]. Elles sont recouvertes par des sables blancs et

1. M. Ivanow, *Explorations géologiques au bassin du haut Amour* (*région de la Zéia et de la Bouréia*) *et au flanc occidental du Petit-Khingan*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, VIII, 1898, p. 63).

2. F. Schmidt, *Reisen im Gebiete des Amurstromes*, etc. (Baer und Helmersen, Beiträge zur Kenntniss des Russischen Reiches, XXV, 1868, p. 21, 23 et suiv., et 173);

des argiles à lignites tertiaires, qui occupent la partie orientale de la plaine jusqu'à la Zéïa et qui forment le long de ce cours d'eau, entre son coude et le confluent, la falaise des « Montagnes Blanches » ou Biélogorié, dont la coloration éclatante avait frappé Milovanov dès 1681.

Mais ce manteau tertiaire n'a parfois qu'une faible épaisseur; au-dessous apparaissent alors, comme sur la haute Tygda, des roches archéennes, dont le rôle orographique est presque nul. Un pointement remarquable de granite sépare près de Blagoviechtchensk la Zéïa de l'Amour. Par 126° 30′, à Tsagaïan, sur l'Amour, le granite est surmonté d'un lambeau tertiaire de couleur blanche où des couches de lignite, brûlant depuis des années, attirent l'attention du voyageur.

Dans ces traces discontinues du substratum archéen, M. Ivanov reconnaît la direction générale du N.N.E. Mais, d'après cet observateur, les couches de l'Angara qui forment la partie ouest de la plaine ne sont pas horizontales : au contraire, le long de l'Amour, dans l'espace compris entre le Grand Khingan et les premiers affleurements du substratum archéen qui reparaissent ensuite, elles se montrent plissées de même suivant la direction N.N.E. *La plaine doit son origine à la dégradation de ces plis* [1].

Les dépôts tertiaires recommencent au delà de la basse Zéïa. Des alluvions plus récentes les masquent sur de grands espaces, en formant le sous-sol immédiat de ces « Prairies » fertiles. Ce territoire se termine vers le Sud par une ligne d'escarpement, qui s'éloigne souvent beaucoup de l'Amour. Tout le pays qui s'étend à son pied est soumis aux inondations du grand fleuve. Enfin cette falaise atteint le bord ouest du Petit Khingan, et vers Pachkova (130° 45′ de long. E.), l'Amour s'engage à travers cette chaîne dans une gorge d'érosion.

Le Petit Khingan constitue l'une des longues chaînes de montagnes qui convergent d'une façon si remarquable vers le Nord de la Mer d'Okhotsk. Les plissements N.N.E. que nous venons de signaler dans la plaine de l'Amour ne sont probablement que le prélude de ce vaste ensemble, qui occupe une grande partie de l'Asie Orientale.

Il y a lieu de décrire ces chaînes dans l'ordre où elles se suc-

O. Heer, *Beiträge zur Jura-Flora Ostsibiriens und des Amurlandes* (Mém. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, 7e sér., XXII, n° 12, 1884, 122 p., 31 pl.); M. Ivanow, Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, VIII, 1876, p. 64, et XII, 1899, *passim*.

1. D. Ivanow, *Le partage des eaux de l'Amour et de la Zéïa*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, XII, 1899, p. 41, 48, et surtout 56 et 61).

cèdent en allant du continent vers la mer. Leurs éléments principaux sont : *a*) les Monts Aldan, à l'Ouest de la Mer d'Okhotsk ; *b*) les Monts Tourkana, les Monts de la Bouréïa et le Petit Khingan, avec les chaînes de la Mandchourie ; *c*) le Sikhota-Alin ; *d*) Sakhalin et le Japon.

4. Monts Aldan. — Ces montagnes atteignent environ 1200 mètres. Elles s'abaissent brusquement à l'Est sur la Mer d'Okhotsk; leur versant occidental renferme les sources de l'Aldan, rivière qui, comme on l'a vu plus haut, coule sur un épanouissement du plateau cambrien de la Léna. Leur direction est N.E.-S.W., parallèlement à la côte, mais, dans le Sud, au Nord de l'embouchure de l'Ouda, elle s'infléchit à l'W.S.W., et devient même parfois E.-W. Ce coude répond au dire de Meglitzky, d'après lequel le bord occidental de la chaîne coïncide avec la rive orientale de la Maïa dans son cours supérieur, et passe ensuite à l'Ouest de Nelkan, puis entre le Grand et le Petit Aïm. Plus au Sud-Ouest, sur la ligne de partage, au lac Tok, un lambeau de couches de l'Angara reposerait sur le granite, d'après le même observateur ; il est possible que cette localité appartienne encore à la région des Monts Aldan [1].

Dans la moitié méridionale des Monts Aldan, les observations antérieures ont été dépassées par les travaux de Bogdanovitch, d'où l'on peut extraire ce qui suit [2] :

La déviation, au Sud, est très nette. Sur la basse Ouda, un court tronçon montagneux indépendant se dresse entre ses affluents la Iana et le Toutkan : c'est le Khrébet Toutkan, qui s'ali-

1. N. G. Meglitzky, *Relation de l'Expédition dans la province de Iakoutsk en 1851, rédigée d'après les manuscrits, les journaux et les collections de — par* M. P. Melnikov (Gornyi Journal, 1893, III, p. 324, 326). Ditmar a également traversé les montagnes entre Nelkan et Aïan; malheureusement, il n'a été livré à la publicité que peu de choses au sujet de ce voyage ; K. von Ditmar, *Reisen und Aufenthalt in Kamtschatka in den Jarhren 1851-1855, I* (Schrenck und Maximowicz, Beiträge zur Kenntniss des Russischen Reiches, 3. Folge, VII, 1890, p. 71-77).

2. K. Bogdanovitch, *Renseignements sur les travaux de l'expédition minière à Okhotsk et au Kamtchatka*, r. (Izviestiia Soc. des Ingénieurs des Mines, St-Pétersbourg, séance du 9 décembre 1896; communiqué par L. A. Iatchevsky), et *Nouvelles de l'Expédition*, etc., r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXIII, 1897, p. 42 et suiv. : lettre datée d'Aïan, 15 octobre 1896); du même : *Résultats des explorations et des recherches de l'or accomplies par l'expédition d'Okhotsk-Kamtchatka sur la côte nord-occidentale de la mer d'Okhotsk*, in-8°, 20 p., 1 carte [publication du Département des Mines, St-Pétersbourg, s. d.]; K. Bogdanowitsch und C. Diener, *Ein Beitrag zur Geologie der Westküste des Ochotskischen Meeres* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, CIX, 1900, Abth. I, p. 349-369, 1 pl.). M. Bogdanovitch a bien voulu me confier les fossiles recueillis pendant ces pénibles voyages; je suis heureux de lui en exprimer ici toute ma gratitude.

gne au N.W. et fait presque un angle droit avec le Saladjak, contrefort des Monts Aldan. Peut-être le Toutkan doit-il être déjà considéré comme faisant partie des montagnes situées à l'Est de l'Ouda, auquel cas les Monts Aldan n'arriveraient nulle part en contact avec ce fleuve.

D'après Bogdanovitch, il y a lieu de distinguer trois chaînes dans son champ de recherches, qui, du Sud, s'étend jusqu'au confluent de l'Aldama.

La première et la plus occidentale, la chaîne du *Djougdjour*, est aussi la plus élevée, et sépare les deux versants; elle est formée de porphyre, de granite et de granite gneissique. C'est de cette chaîne que proviennent les cailloux de porphyre que Meglitzky et Ditmar signalent sur le bord ouest des montagnes, en mentionnant aussi plusieurs fois, d'ailleurs, la présence de roches éruptives plus récentes et même de laves vacuolaires. Déjà, à l'Ouest de Nelkan, Meglitzky indique des grenats, et à Nelkan même, ainsi que dans la vallée du Vatam (au Sud de Nelkan), des verres volcaniques.

La seconde chaîne, les Monts *Némérikan* de Bogdanovitch, est constituée par du granite, de la syénite et du gneiss amphibolique. Au Sud, là où se produit la déviation vers l'W.S.W., elle est plus large; au Nord-Est, son importance orographique diminue, à tel point qu'elle ne conserve pas toujours l'aspect d'une chaîne distincte, mais la nature particulière de ses terrains permet de la suivre sur toute cette étendue.

La troisième chaîne, le *Primorskii Khrébet*, est extrêmement rocheuse et tombe en falaises abruptes sur la mer. Elle est formée de quartzites, de schistes et de calcaires, avec bandes de diorite et de gabbro, et aussi de diabase. M. Bogdanovitch a bien voulu m'adresser des échantillons d'un calcaire sableux recueilli à Aïan, dans lequel sont intercalés de petits bancs riches en coquilles. Diener a déterminé ces fossiles comme appartenant au Dévonien supérieur. Je suis disposé à croire que les quartzites et les diorites sont également dévoniens, Les indications données par Meglitzky permettent de supposer que cette « grauwacke » continue à régner plus au Nord-Est encore, le long de la côte.

Au Cap Magdalinda, Meglitzky signale en outre un lambeau de couches à empreintes végétales. Pour le Nord des Monts Aldan, je n'ai à ma disposition que la relation du voyage d'Erman, qui remonte à l'année 1829, mais est encore utile à consulter [1].

1. Ad. Erman, *Reise um die Erde durch Nord-Asien und die beiden Oceane in den Jahren 1828, 1829 und 1830.* In-8°, Berlin, 1833-1848, atlas; *Historischer Bericht,* II,

Erman quitta l'Aldan à Aldanskaïa (un peu au Sud du 62° de lat. N.) et gagna l'Okhota en se dirigeant à l'E.S.E. Il n'est pas impossible qu'une partie de son itinéraire ait traversé les premiers redressements de la chaîne de Verkhoïansk. Jusqu'à Aldanskaïa, Erman avait vu des calcaires horizontaux, analogues à ceux de la Léna. Mais au delà de cette localité se montrèrent bientôt, dans le calcaire, de violentes dislocations, en même temps que le sol, jusque-là très déprimé, se relevait à 600 ou 700 mètres. On trouva d'abord, à Garnastakh seulement, un calcaire gris en bancs très inclinés, plongeant au S.W. Le chaînon le plus élevé a reçu le nom de Sem Khrebti (les « Sept Montagnes »); il est formé de schistes argileux, inclinés de même au S.W. Erman atteignit ensuite la vallée, large de plusieurs milles, de l'*Allakh-iouna* (546 m.), qui descend des hautes montagnes du Nord-Est; elle coïncide avec une ligne de démarcation importante, au point de vue de la nature des terrains, et cet explorateur la compare à la vallée de l'Inn dans le Tyrol.

A l'Est de l'Allakh-iouna viennent des montagnes formées d'un genre de schistes différent, plongeant fortement à l'W.; il y a aussi des blocs de granite, puis des sommets rocheux (1 053 m.), où affleure une roche éruptive grise à feldspath vitreux, regardée comme de la phonolite. On arrive alors, avant d'atteindre la ligne de partage des eaux, au point culminant, la montagne du *Kapitan* (environ 1 200 m.). La montée a lieu sur des dalles très inclinées, s'orientant N.N.E., et du sommet on voit que tout le pays, au Sud et à l'Est, semble former trois chaînes parallèles affectant la direction du N.N.E. La phonolite s'étend jusque-là et se montre associée à des grauwackes dures contenant des galets, ainsi qu'à des conglomérats quartzeux plongeant fortement à l'W. Il y a aussi des blocs de granite.

La grauwacke forme la ligne de partage; elle cesse à la large vallée de la Kétanda. A l'Est de ce cours d'eau s'élève un nouveau chaînon aux cimes dentelées, de nature porphyrique, qui s'étend jusqu'à la mer. Au voisinage d'Okhotsk, du granite se montre sur la rive et dans quelques îlots. Du granite, une roche feuilletée contenant du charbon, du porphyre et aussi du trachyte ont été suivis à l'Est d'Okhotsk et jusqu'au voisinage de la rivière

p. 206-429; III, p. 1-96. Dans cet ouvrage (III, p. 89), il est question de lames verticales traversant la Marékanka suivant la direction E.N.E., qui est celle de la chaine de Verkhoïansk; je ne saurais dire si ces divisions répondent à des surfaces de couches ou à de puissants filons (voir le paysage dans l'atlas).

Marékanka. D'après Erman, c'est par l'action des roches éruptives sur les terrains sédimentaires que les verres naturels connus sous le nom de *Marékanite* ont pris naissance.

On signale également de la grauwacke sur le versant oriental.

En résumé, on peut se représenter la structure des Monts Aldan, avec une part plus ou moins grande d'hypothèse, de la façon suivante :

A l'Est, il existe une zone de roches dévoniennes, au moins en partie : quartzites, calcaires et diorites, plus large au Sud qu'au Nord ; c'est le Primorskii Khrébet.

Ensuite vient la zone archéenne des Monts Némérikan. Au Nord, elle n'est pas connue avec certitude ; l'on ne peut dire si les granites d'Okhotsk lui appartiennent.

Puis court à travers tout le massif, du S.S.W. au N.N.E., une bande puissante de porphyre, associée à du granite et peut-être aussi à des roches éruptives plus récentes. La chaîne principale, celle du Djougdjour, en fait partie. Elle est caractérisée en plusieurs endroits, notamment sur la Marékanka, par du pechstein et des formations vitreuses.

Au Nord-Ouest, au delà de la Kétanda, il est probable que le Dévonien affleure de nouveau en formant le chaînon du Kapitan ; il est bordé au N.W. par une roche éruptive grise (phonolite).

Les hauteurs qui s'étendent à l'Ouest de la large vallée de l'Allakh-iouna n'appartiennent peut-être déjà plus aux Monts Aldan.

Une déviation de la chaîne du N.N.E. au N., comme les cartes l'indiquent près d'Okhotsk, ne paraît pas se dégager de ces données. L'Arka (affluent de droite de l'Okhota) coule encore sur du porphyre.

5. Monts de la Bouréïa ou Petit Khingan. — Nous avons dit qu'au Nord de la basse Ouda, le court chaînon des Monts Toutka suit la direction du N.W. A l'Est de ce fleuve, entre Tchoumakan et le cap Diouktchangra, qui en est voisin, Bogdanovitch signale des schistes argileux avec bancs de calcaire cristallin, dirigés 110° à 160°, comme si le faisceau resserré des chaînes venant de très loin, du S.S.W., subissait brusquement, au fond de la baie de l'Ouda, une déviation vers le N.W.[1]. Mais ces traces disparaissent à une faible distance du côté de l'Est. Dans l'île Grande Chantar, Meglitzky a constaté la direction N.N.E. (*hora* 1), et sur la côte

1. Bogdanowitsch und Diener, *Ein Beitrag zur Geologie der Westküste der Ochotskischen Meeres*, p. 353.

voisine *hora* 2 $^1/_2$[1]. Ainsi, tandis que le bord oriental des Monts Aldan, en suivant la zone dévonienne, semble se terminer par une faille longitudinale, la côte sud de la Mer d'Okhotsk n'est pas formée par une cassure transverse, mais par une côte à rias, comme si les chaînes disparaissaient en profondeur le long d'une flexure perpendiculaire de pente assez douce.

La première grande chaîne à l'Est de l'embouchure de l'Ouda est celle des *Monts Tyla*, qui forme entre l'Ouda et le Torom le cap Tylskoï. Vers l'Est lui succèdent les *Monts Ala*, qui sont très élevés et s'étendent jusqu'au Tougour; Bogdanovitch les considère comme le prolongement du Petit Khingan. Ils forment au Sud la ligne de partage entre un grand affluent de gauche de la Zéïa, le Silimdji, le Niman (affluent de gauche de la Bouréïa) et la Bouréïa elle-même, à l'Ouest, et l'Amgoun à l'Est. Leur prolongement au delà de la presqu'île Dougandja est représenté par les Iles Chantar.

Dans leur partie septentrionale, les chaînons qui constituent ce massif comprennent des schistes argileux, des schistes siliceux et des grès, recoupés et modifiés, d'après Bogdanovitch, par des diabases et des porphyrites, puis par un granite microperthitique et un porphyre quartzifère. On y voit aussi des tufs. C'est dans cette série de roches que Meglitzky et Bogdanovitch ont trouvé, à l'Ouest du Cap Dougandja, des fossiles jurassiques, et que Middendorff a recueilli, à l'Est du même promontoire, des fossiles du Trias (*Pseudomonotis ochotica*)[2].

Le Cap Dougandja est situé dans la partie nord-ouest du massif. Plus au Sud se montrent du granite, de la syénite et des affleurements étendus de porphyre.

C'est la même chaîne que Fr. Schmidt a franchie plus au Sud.

Ce voyageur venait de l'embouchure de l'Amour, c'est-à-dire du Nord-Est. Il remonta la vallée de l'Amgoun, puis celles du Nemilen et du Kerbi, et atteignit par 52° de lat. N. les montagnes; la crête, qui est située non loin de leur bord oriental, monte à environ

1. Meglitzky, *Relation de l'Expédition dans la Province de Iakoutsk*, etc., r. (Gornyi Journal, 1893, III, p. 309, 319 et suiv.).

2. Les deux caps Mali et Bolchoï Dougandja sont dirigés vers le Nord, et dans leur prolongement se trouve l'île Féklistov, la plus occidentale du groupe des îles Chantar. Dans la presqu'île dont ils forment l'extrémité sont situés, à l'Ouest, un petit cours d'eau, la Byrrandja, et à l'Est le Cap Nikta et la Baie de Mamga. Meglitzky signale à Byrrandja, par conséquent du côté ouest, la terrain jurassique avec *Belemnites*, *Pecten* et *Pholadomya*. Middendorff, qui visita la presqu'île quelques années plus tard, découvrit le Trias à *Pseudomonotis ochotica* au Cap Nikta et au Sud de la Baie de Mamga, par conséquent du côté est. Bogdanovitch a rencontré les fossiles déterminés comme jurassiques par Diener, de l'embouchure de la Byrrandja jusqu'au Cap Dougandja.

6 000 pieds [1 800 m.] et est formée de granite; ailleurs, on voit des micaschistes et des schistes argileux. Au delà de cette crête, que nous devons sans doute regarder comme le prolongement de la chaîne principale des Monts Ala, se trouvent les premières sources de la Bouréïa. Dans la vallée de cette rivière, encore en amont du confluent du Niman (c'est-à-dire par environ 51° 40′ ou 51° 30′ de lat. N.), Schmidt, en quittant les montagnes granitiques, arriva dans une région beaucoup moins accidentée, où les couches de l'Angara avec empreintes d'*Asplenium*, *Dicksonia*, etc., contiennent en outre des Ammonites et des Bélemnites, association qui ne laisse pas d'être remarquable. Vers l'aval se montrent ensuite des bancs de houille, avec les mêmes plantes et les mêmes Bélemnites. Les couches sont plissées, et les veines de charbon verticales. C'est alors seulement que vient le confluent du Niman. Les couches de l'Angara se poursuivent le long de la Bouréïa; mais, à quelques jours de voyage plus bas, ce cours d'eau traverse encore une fois une large chaîne parallèle de granite rouge, puis de calcaire avec graphite, et enfin de porphyre. Au porphyre s'adossent au Sud des couches à lignites; enfin l'on atteint l'Amour[1].

La chaîne de granite, de calcaire et de porphyre mentionnée en dernier correspond probablement à l'extrémité sud-ouest des *Monts Tourkana*.

Ces montagnes représentent une chaîne parallèle au Petit Khingan, à l'Ouest. Elles sont situées sur presque toute leur longueur à l'Ouest de la Bouréïa, s'abaissent vers le S.S.W. et finissent par disparaître, comme cela semble ressortir des indications données par Fr. Schmidt, après avoir été de nouveau coupées en biais par la Bouréïa. Elles se terminent au bord de la plaine, sous la forme de larges croupes, sans atteindre l'Amour. M. Ivanov, qui les a traversées à 140 verstes au Nord de l'Amour, y a trouvé des arêtes rocheuses de granite à muscovite avec filons d'aplite, parfois transformé en gneiss par la pression, et vers la Bouréïa, c'est-à-dire vers l'Est, du porphyre[2].

D'après ce qui précède, on voit qu'une transgression mésozoïque, venant du Nord, pénètre entre les Monts Tourkana et le Petit Khingan, transgression dont les traces ne sont pas encore connues plus au Sud.

On doit d'autant moins douter de la continuité de ces chaînes de

1. F. Schmidt, *Reisen im Gebiete des Amurstromes*, etc., p. 144-168.

2. M. Ivanow, *Explorations géologiques au bassin du haut Amour, région de la Zéia et de la Bouréia*, etc., r. f. (Explor. Ch. de fer de Sibérie, VIII, 1898, p. 72).

montagnes que D. Ivanov, venant de Khabarovsk, c'est-à-dire du Sud-Est, s'est avancé au delà du 50e degré de latitude, et qu'il a observé la même constance de direction. Là s'adossent au versant oriental (Khrébet Patchan) plusieurs coulisses parallèles (Soungatchan, Djaki-Ounokhta, Mandan) qui, vers l'Amour, dispa-

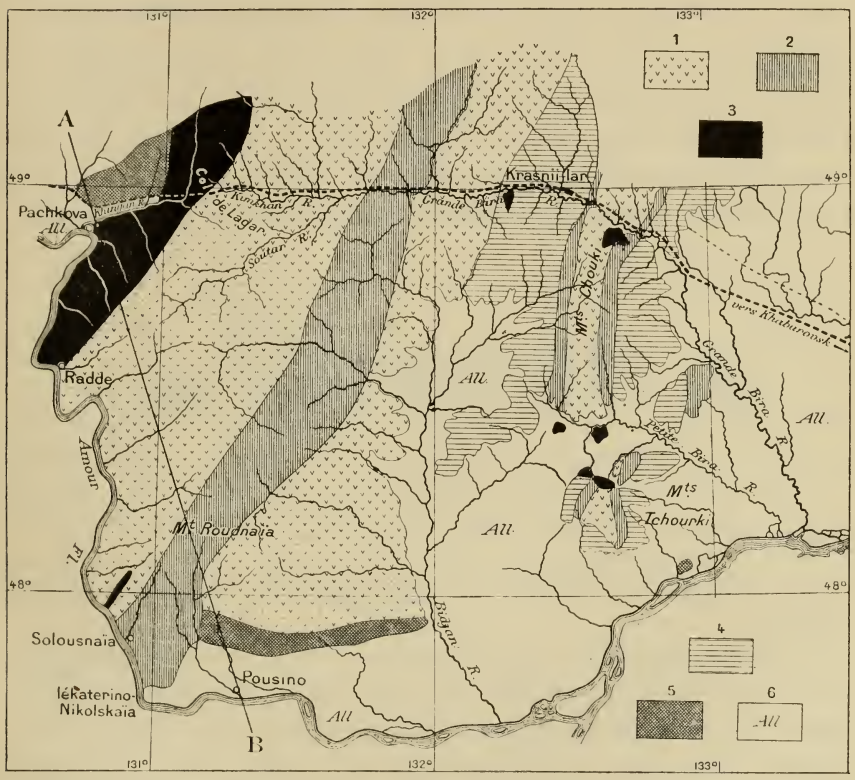


Fig. 14. — Carte géologique de la partie méridionale du Petit Khingan, d'après L. Batzévitch (Explor. géol. Chemin de fer de Sibérie, livr. VIII, 1898, carte I).

1. Granite, gneiss, schistes cristallins; 2. Marbres et Quartzites (Dévonien?); 3. Porphyre, Porphyrite et Diorite; 4. Grés et conglomérats (Jurassique?); 5. Basalte; 6. Quaternaire. AB, trace de la coupe (fig. 15). — Échelle de 1 : 2 000 000.

raissent sous la plaine à l'état de croupes isolées. Il y existe en outre des bandes paléozoïques, et dans l'une d'elles, au col de Koultek, à l'Est du Khrébet Patchan, D. Ivanov a trouvé des fossiles qui indiquent la présence du terrain dévonien[1].

La partie méridionale du Petit Khingan est la mieux connue

1. D. B. Ivanow, *Explorations géologiques dans la région de l'Amour et les bassins des rivières Toungouska, Ounma, Kour, Grande Bira*, r. f. (Explor. Ch. de fer de Sibérie, IV, 1897, p. 43-58, carte schématique; VIII, 1898, p. 21-50, carte géol.). Les fossiles sont, d'après Loutougin, *Productella* sp. et *Spirifer medialis* (Ibid., VIII, p. 29).

(fig. 14). Deux coupes naturelles la traversent. La première est la vallée de la *Grande Bira*, qui franchit ces montagnes de l'Est à l'Ouest sous le 49e degré de lat. N. et se prolonge en amont, vers l'Ouest, par son affluent le Kimkhan : là, tout près du bord occidental du Petit Khingan, elle n'est plus séparée que par le col de Lagar du cours supérieur du Khingan, rivière qui jalonne le pied ouest de la chaîne. Cette voie fournit un passage commode au chemin de fer. La seconde coupe répond au *sillon d'érosion de l'Amour*. Ce défilé n'a pas moins de 110 verstes de longueur et s'oriente, dans l'ensemble, vers le S.S.E. ; il en résulte qu'à son extrémité occidentale, près de Pachkova, cette coupe est très rapprochée de la ligne du Transsibérien, tandis que son extrémité sud-

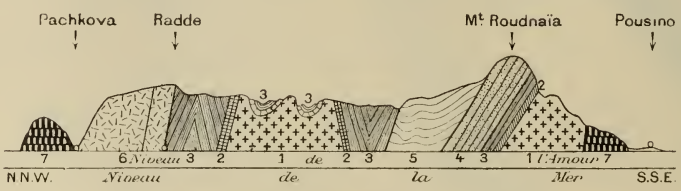


Fig. 15. — Coupe du Petit Khingan le long de l'Amour (défilé de Kamnifyn), d'après L. Batzévitch (Explor. géol. Chemin de fer de Sibérie, livr. VIII, 1898, pl. I).

1. Granite; 2. Schistes cristallins; 3. Gneiss; 4. Grès et quartzites (Dévonien?); 5. Marbre (Jurassique?); 6. Porphyre; 7. Basalte. — Échelle des longueurs 1 : 2 000 000; hauteurs 1 : 40 000.

est, vers Iékaterino-Nikolsk, en est éloignée de plus d'un degré en latitude.

Ce sillon d'érosion, où la largeur du fleuve se réduit parfois à une verste et qui est désigné aussi sous le nom de *gorge de Kamnifyn* (fig. 15), a été décrit par Schmidt, Anossov et d'autres observateurs. Batzevitch, en comparant cette coupe avec celle de la ligne du chemin de fer, le long de la Grande Bira, a montré que les diverses zones affectent une allure très régulière, suivant la direction du N.N.E.[1].

On doit d'abord remarquer qu'en amont de la gorge, le pied ouest du Petit Khingan est jalonné, de la basse Bouréïa à la rivière Khingan, par une longue zone de montagnes basaltiques. Ces basaltes et la zone de porphyre qui vient ensuite ont conduit M. Ivanov à supposer que cette ligne coïncide avec le bord d'un effondrement[2].

1. L. Batzéwitch, *La partie voisine de l'Amour de la chaîne du Petit-Khingan et de ses embranchements Nord*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, VIII, 1898, p. 1-19, carte 1); voir aussi le rapport préliminaire du même auteur (Ibid., IV, 1897, p. 8-11, r. f.).

2. M. Ivanow, *Explorations géologiques du bassin du haut Amour et au flanc occidental du Petit-Khingan*, r. f. (Explor. Ch. de fer de Sibérie, VIII, 1898, p. 73).

La zone porphyrique qui vient d'être mentionnée, et qui est peut-être la suite de celle qu'on a reconnue bien plus au Nord, entre le Petit Khingan et les Monts Tourkana, forme tout le côté ouest du Petit Khingan. Sur la ligne du chemin de fer, elle atteint le col de Lagar, et dans le cañon elle occupe tout l'espace compris entre Pachkova et Radde, sur 36 verstes environ, puis passe en Mandchourie. Dans toute cette étendue, le lit de l'Amour est rocheux et très resserré.

Ensuite, jusqu'à la sortie de la gorge, vient une série de plis courant au N.N.E., où affleurent du granite, du gneiss et des micaschistes. En amont de Soïousnaïa, sur un versant abrupt, affouillé par les eaux du fleuve, se trouvent des micaschistes, des gneiss micacés et des grès à biotite; un gîte important de graphite occupe le flanc ouest d'un synclinal de ce grès. Quelques verstes plus bas, un calcaire blanc, cristallin, renferme des paillettes de graphite. Au début il plonge vers le N., puis il forme une voûte, s'incline au S.E. et recommence à plonger vers le N. Enfin vient un quartzite de teinte claire, en bancs presque verticaux, qui règne jusqu'au bord oriental des montagnes. Un peu au Nord-Est d'Iékaterino-Nikolsk, une zone basaltique se montre également au pied est de la chaîne.

Ces zones du couloir fluvial, à l'exception du basalte, reparaissent sur la ligne du chemin de fer, le long de la Bira, au moins dans leurs traits principaux; mais au point où la voie ferrée quitte le bord oriental de la région plissée, on voit s'y adosser en discordance les couches horizontales de la série de l'Angara. Au-dessus de ces couches repose au Krasnii-lár une nappe de porphyre rouge. Une nouvelle bande parallèle de roches archéennes se montre dans les Monts Chouki, également bordés à l'Est par la série de l'Angara. Enfin l'on atteint le bord de la plaine orientale.

Ainsi, nous avons suivi des îles Chantar jusqu'à la gorge de l'Amour, c'est-à-dire *sur plus de neuf degrés de latitude*, l'un de ces longs faisceaux de plis qui sont caractéristiques pour cette partie de l'Eurasie. Je laisse à d'autres le soin de décider quelle est celle des dénominations qui doit l'emporter, pour des motifs de priorité, de Monts de la Bouréïa — c'est le nom proposé par Middendorff — ou de Petit Khingan[1].

Les chaînons plissés qui, le long de la Mer d'Okhotsk et paral-

1. Les cartes chinoises donnent le nom de « Petit Khingan » à une autre chaîne de montagnes, située au Sud de l'Amour et comprenant les affluents orientaux du Nonni jusqu'à Mergen. La carte russe à l'échelle de 40 verstes au pouce rejette de même le

lèlement à la côte, se présentent jusqu'à l'Amour ont, pour autant qu'on les connaît, une constitution analogue, mais ils sont beaucoup plus courts. Bogdanovitch a retrouvé vers l'Est le granite microperthitique du Cap Dougandja jusqu'aux lacs situés à l'Ouest de Nikolaïevsk.

A mesure que ces chaînes de montagnes disparaissent vers le Sud, elles font place à la vaste plaine, interrompue seulement par quelques croupes isolées et par de grands lacs, qui, entre le versant oriental du Petit Khingan et l'Amour, s'étend du côté de l'amont jusque vers Khabarovsk. Parmi les avant-monts qui avoisinent le fleuve, la colline basaltique isolée d'*Alé*, à l'W.N.W. de Khabarovsk, sur le cours inférieur de la Toungouska, est regardée par Batzévitch comme un ancien volcan.

6. Mandchourie. — La structure du Nord et du Centre de la Mandchourie a été mise en lumière par les travaux fort instructifs d'Anert[1].

Il faut d'abord remarquer que la Mandchourie comprend deux régions bien distinctes : au Nord-Ouest, la plaine, sur laquelle le coude du Soungari empiète d'ailleurs notablement, et à l'Est et au Sud-Est, le pays de montagnes dont les eaux se rendent soit au

Malyi Khingan au Sud de l'Amour, en suivant à peu près les données des Chinois; conformément à cette nomenclature, le bord méridional du sillon d'érosion de l'Amour appartiendrait encore au Petit Khingan. Quand les Russes, en suivant l'Amour, atteignirent ce point, ils constatèrent que les hauteurs qui s'étendent au Sud de la gorge de Kamnifyn s'appelaient Petit Khingan chez les Chinois, et naturellement ils étendirent cette dénomination à l'ensemble des montagnes qui resserrent le cours du fleuve. Entre temps Middendorff, venant du Nord, donnait à la longue chaîne comprise entre la Bouréïa et l'Amgoun le nom de *chaîne de la Bouréïa*, et Séménov proposait celui de *Daousé Alin*, déjà usité pour un de ses tronçons dans le Nord. Mais dans l'intervalle, le nom de Petit Khingan avait si bien conquis droit de cité auprès des colons russes qu'on a dû y revenir lors des levés exécutés pour l'établissement du Transsibérien; et au cours des récents événements politiques, cette chaîne a même été désignée sous le nom de « Khingan » sans épithète. On peut d'ailleurs alléguer, à l'appui de ce choix, le fait que la rivière Khingan, à son entrée dans la gorge, coule au Nord de l'Amour. — En réalité, voici ce qu'il faut retenir : la chaîne se prolonge certainement vers le S. S. W. au delà de l'Amour, et comprend bien en effet, par conséquent, l'extrémité orientale des montagnes situées au Sud de l'Amour et appelées Petit Khingan par les Chinois et par la carte russe. Mais cette extrémité diffère des montagnes de Mergen et de l'aire principale du Petit Khingan Chinois, et tout le massif est absolument distinct du Grand Khingan, qui est fort éloigné de là; voir L. Batzéwitch, Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, VIII, 1898, p. 11. Sur le sens flottant de la dénomination de Khingan chez les Chinois, voir aussi Middendorff, *Reise in den äussersten Osten und Norden Sibiriens*, IV, 1. Theil, p. 214, Note.

1. E. E. Anert, *Rapport préliminaire sur l'Expédition en Mandchourie de la Société Impériale Russe de Géographie; partie géologique*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXIII, 1897, p. 164-192). La bibliographie ancienne sur cette région est indiquée dans F. von Richthofen, *China*, II, p. 65-68.

Soungari, soit à son affluent le Moudan-kiang, qui se jette dans le Soungari à San-Sing.

La hauteur moyennne de la plaine est de 162 mètres, et le lit des cours d'eau s'y encaisse d'une trentaine de mètres. Sur le bord de la plaine, ces entailles fluviales mettent à jour deux groupes de dépôts : un groupe supérieur, horizontal, formé de grès et d'argiles feuilletées, où l'on a trouvé quelques débris de Poissons, et un groupe inférieur, plissé, consistant en argiles rouges et jaunes avec nids de grès argileux. L'inclinaison des couches de ce groupe plissé peut atteindre 45° et même 60°. La direction des plis est N.E. ou N.N.E.

A environ 50 verstes en amont de Bodouné sur le Soungari (45° 10′ de lat. N.), des sables commencent à recouvrir ces formations de la plaine; à partir de ce point, un désert de sable s'étend au Sud dans la direction de Moukden, à l'Ouest jusqu'aux premiers contreforts du Grand Khingan, et au Nord-Ouest dans la direction de Tsitsikar. A l'Ouest et au Nord-Ouest, ce désert est limité par les roches volcaniques du Grand Khingan et de Mergen.

La lisière septentrionale de ce désert est peu connue; on sait seulement qu'au Nord du Soungari, un large chaînon, appelé Kheï-Chan ou « Montagne Noire », y précède la croupe du Toun-nivodzsi, et que l'un des affluents gauches du Soungari, qui vient de cette région, charrie des cailloux d'andésite, ce qui confirme l'hypothèse que des roches volcaniques forment ici encore, sur une longueur notable, la bordure de la plaine[1].

Au Sud du Kheï-Chan, sur le Soungari, les plis du sous-sol de la plaine conservent la direction générale du N.E. et du N.N.E.

Les montagnes de l'Est et du Sud-Est de la Mandchourie ont une hauteur moyenne d'un peu plus de 900 mètres et se divisent en une série de longues chaînes plissées parallèles. Trois de ces chaînes sont particulièrement remarquables; ce sont :

1° La longue chaîne portant les divers noms de *Kenteï-Alin*, *Tchan-lin-dssa*, *Lioé-lin*, etc., qui commence vers 47° de lat. N. et se termine dans la région au Sud-Est de Ningouta. Elle suit la vallée moyenne de l'Oussouri et empiète sur le bassin du lac Khanka. Nous devons admettre que cette chaîne représente le prolongement des plis occidentaux du Sikhota-Alin, qui sont coupés en biais, comme nous le verrons bientôt, par l'Oussouri.

2° A l'Ouest et au Sud de la précédente, le chaînon du *Dsian-*

1. Auert formule la même hypothèse.

houan-dzaïlan, qui apparaît entre la vallée du Moudan-kiang et celle du Soungari et se termine à l'Ouest d'Omosso ou même plus au Sud.

3° Plus au Sud et à l'Ouest encore, le *Lo-ia-lin*, au Nord-Est de Girin.

Outre ces chaînes principales, il existe un grand nombre d'autres chaînons subordonnés. Tous sont formés de terrains anciens, de gneiss, de micaschistes et de schistes argileux, ainsi que de quartzites noirs, puis de granite, de porphyre et de diorite. Jusqu'à présent, on n'y a pas trouvé de couches fossilifères. Des bancs contenant de la houille s'appuient en discordance sur ces roches anciennes, en particulier entre le Lo-ia-lin et le Dsian-houan-dzaïlan, au Nord-Est de Girin, ainsi du reste que sur beaucoup d'autres points; et l'on exploite encore de la houille à 150 verstes au Sud de Girin.

Les montagnes de la Mandchourie forment sans doute un groupe naturel de lignes de hauteurs parallèles, mais, comme le note expressément Anert, elles ne possèdent pas de chaîne centrale, courant d'un bout à l'autre du pays. Leurs rapports avec l'extrémité méridionale du Petit Khingan sont très nets. D. V. Ivanov, dans son croquis schématique du Petit Khingan, a figuré une légère inflexion de la directrice, passant du N.N.E. au N.E. puis revenant au N.N.E. dans la région des sources de la Grande Bira, et c'est avec cette dernière orientation qu'est franchi l'Amour[1]. Une déviation analogue vers le Nord se produit en Mandchourie aux environs de San-sing; il en résulte que le Soungari, près de cette ville, coule dans une vallée longitudinale, tandis que le Moudan-kiang coupe les plis obliquement.

Les montagnes de la Mandchourie n'arrivent pas en contact immédiat avec le Petit Khingan, qui se termine à peu de distance de l'Amour, au Sud; mais ce sont des coulisses disposées dans le même sens.

Leurs rapports avec le Sikhota-Alin sont plus intimes encore.

Anert remarque que les couches de houille, exactement comme sur le bord du désert, montrent des plis affectant la direction du N.E. ou du N.N.E. Mais tandis que ces dépôts récents manifestent partout la tendance à être plissés parallèlement à la direction des chaînes de hauteurs, l'on constate parfois que les terrains anciens, dans l'intérieur de ces chaînes elles-mêmes, s'écartent

1. D. B. Ivanow, Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, IV, 1897, pl. III.

plus ou moins de cette direction générale. « La direction des micaschistes, des schistes quartzitiques, des schistes argileux et des grès, dit cet explorateur, est ordinairement voisine de celle des crêtes, mais il arrive souvent, d'autre part, que la direction des terrains fait presque un angle droit avec la seconde, ce qui donne lieu à une disposition assez compliquée. Il est probable qu'antérieurement à la formation des plis dont les crêtes actuelles représentent les ruines, ces terrains possédaient une direction tout à fait différente de celle des plis en question[1]. »

Nous aurons à rapprocher cette circonstance du fait qu'il existe, à l'Est du lac Khanka, des plis de roches archéennes orientés E.-W. ; et elle est d'autant plus significative que plus au Sud, un autre observateur, Eug. de Cholnoky, signale le retour de la direction E.-W.

Il est vrai que Anert, dans son voyage à Ningouta, a rencontré, en venant de l'Est, quatre crêtes parallèles dirigées N.N.E., et cette même direction N.N.E. ou N.E. règne également entre Omosso et Girin; Cholnoky a trouvé de même, aux environs de Khountchoun, la direction N.E.; mais, à l'Ouest de cette localité, ce voyageur a observé la direction E.-W. dans la chaîne du Thou-Chan, ainsi que plus au Sud-Ouest, dans une chaîne qui est assimilée au Tchan-paï-Chan. A toutes ces observations s'ajoute au Sud un fait important signalé par Richthofen, c'est l'extension des failles et des flexures de Péking jusqu'à Kaï-ping ; en ce point, elles s'infléchissent au N.N.E., parallèlement à l'I-won-lu-Chan, en tournant leur convexité vers le Sud, et il est probable qu'une flexure suit le bord occidental de la vallée de Moukden[2].

Toutefois, il est très difficile de se rendre compte de l'état des choses, non seulement à cause des lacunes des observations et des cartes, mais aussi à cause de la grande importance que prennent les formations volcaniques. Ces laves récentes, dont Anert a décrit les

1. Anert, *Rapport* cité, p. 190.

2. Eug. von Cholnoky, *Kurze Zusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse meiner Reise in China und in der Mandschurei in den Jahren 1896-1898* (Verhandl. Ges. f. Erdkunde, Berlin, XXVI, 1899, p. 251-261, 1 carte, 2 coupes); et *Vorläufiger Bericht über meine Forschungsreise in China* (Petermanns Mitteil., XLV, 1899, p. 8-13). En raison des lacunes considérables que présentent les cartes actuelles, il est difficile de discuter ces données; mais comme Cholnoky indique plus loin que le dernier de ces chaînons coïncide avec des roches dont la direction est E.-W. et qui atteignent à Tié-lien-chan la route de Girin à Moukden, ce chaînon hypothétique, orienté de l'E. à l'W., devrait être situé par 42° 30′ de lat. N. environ. Pour Kin-tchéou-fou et Moukden, voir F. von Richthofen, *Ueber Gestalt und Gliederung einer Grundlinie in der Morphologie Ost-Asiens*, p. 904.

premiers affleurements, occupent d'après Cholnoky tout le bassin supérieur du Soungari et ne disparaissent que le long de la route de Girin à Moukden, où leur escarpement terminal a été pris pour une chaîne de hauteurs indépendante, s'alignant au N.E.

Des tables basaltiques se montrent déjà au-dessus des terrains anciens sur la route de Vladivostok à Ningouta. Elles prennent un grand développement dans la vallée du Moudan-kiang, autour de Ningouta, où elles avaient déjà frappé Younghusband, et dans les environs d'Omosso[1].

D'après la description d'Anert, au Sud de Ningouta, une coulée de lave dont les scories superficielles ne sont pas encore décomposées et qui est postérieure au creusement des vallées, plus récente par conséquent que les tables basaltiques, descend des montagnes de l'Ouest. Elle a rempli la vallée d'un affluent, le Chitou-dsian, et barré la vallée principale, celle du Moudan-kiang, de telle façon qu'elle y a formé un lac important, le *Bel-ten* ou Bir-ten. Aujourd'hui encore, le Moudan-kiang, en sortant de ce lac, se précipite en cascade au fond d'une gorge de 32 mètres de profondeur, creusée dans une lave noire[2].

Vers l'origine des sources extrêmes du Soungari, dans les montagnes où passe la frontière de la Corée, s'élève un sommet volcanique, le *Peïk-tou-Chan* ou Lao-paï-Chan, c'est-à-dire le « vieux mont blanc » (42° de lat. N., 127° 40′ de long. E.). Campbell l'a décrit. Il est couvert de neige pendant neuf mois de l'année, et le reste du temps, il conserve sa teinte blanche grâce au manteau de pierre ponce qui l'habille. A 7 500 pieds d'altitude [2 285 m.], un lac-cratère se creuse dans sa masse; ce lac, d'après James, a 18 kilomètres de tour. Les formations volcaniques se poursuivent à partir de là non seulement vers le Nord, mais aussi vers le Sud, jusqu'à une grande distance, dans la haute vallée du Ya-lou[3].

Ce mont est attribué par Campbell à la chaîne du Tchang-paï-

1. Younghusband, Proc. R. Geogr. Soc. London, New Ser., XIV, 1892, p. 158.

2. Anert dit que l'on reconnaît sur les parois quatre coulées de lave superposées. Le barrage semble par conséquent s'être reproduit à plusieurs reprises (*Rapport* cité, p. 171). Le botaniste V. L. Komarov, compagnon de voyage d'Anert, décrit le contraste entre la blancheur de l'écume et la couleur noire des rochers; il signale un cratère à l'Ouest et admet que l'éruption a pu se produire à une date assez tardive de la période historique : les chroniques mandchoues mentionnent en effet un événement du même genre, qui aurait eu lieu quelque part aux environs de Ningouta (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXVI, 1898, p. 139-143 et 181).

3. C. W. Campbell, *A Journey through North Korea to the Ch'ang-pai-shan* (Proc. R. Geogr. Soc. London, New Ser., XIV, 1892, p. 153 et suiv.).

Chan ; il n'est pas certain que cette chaîne soit la même que celle à laquelle Cholnoky donne ce nom.

7. Sikhota-Alin. — Une large région d'alluvions récentes borde le cours inférieur de l'Amour ; de cette nappe surgissent des terrains sédimentaires qui paraissent être plus récents que les chaînes de montagnes et dans lesquels on a trouvé, au confluent du Gorin et de l'Amour (50° 45'), des coquilles du genre *Aucella*[1]. Les reliefs isolés qui, dans cette vaste plaine, s'introduisent entre le Petit Khingan et le Sikhota-Alin s'alignent vers le S.S.W. Le groupe principal, se dressant au milieu de la dépression à la manière d'une île, le *Khekhtsir*, atteint 1 066 mètres. Il longe l'Oussouri sur sa rive droite, vers son confluent avec l'Amour ; à son pied, à l'entrée même de la Mandchourie, se trouve la ville de Khabarovsk. Le Khekhtsir est formé de granite, de schistes anciens, de quartzites, de calcaire cristallin et d'une couverture de terrains plus récents, s'élevant très haut et attribués aux couches de l'Angara. Du côté de l'Oussouri, le Khekhtsir se termine par une faille, contre laquelle toute la série des terrains est verticale. D. Ivanov regarde le Khekhtsir comme faisant partie du Sikhota-Alin[2].

Passons maintenant à cette chaîne.

Déjà son extrémité nord nous présente des faits inattendus. L'Amour, dans sa partie inférieure, décrit un coude si brusque que son cours, près de Nikolaïevsk, est orienté au S.E. Sa rive septentrionale est rocheuse. Le promontoire qui, au Nord de l'embouchure, resserre la Manche de Tartarie, forme au Sud, à l'embouchure même de l'Amour, le *Cap Tabakh* et au Nord le *Cap Pouir*. Sur la rive Nord de l'Amour, Batzévitch a trouvé jusqu'au Cap Tabakh de hautes falaises d'une roche porphyroïde à pâte rougeâtre, avec plagioclase et hornblende, puis au Nord, en allant vers le Cap Pouir, c'est-à-dire sur la côte occidentale de la Manche de Tartarie, des dalles minces d'un grès verdâtre, relevées jusqu'à la verticale. Plus près du Cap Pouir se dresse la *Gora Polosata* ou « Montagne Rayée », visible de loin, et même de Sakhalin quand le temps est clair, grâce à ses colorations vives. Ce n'est pas un massif indépendant, mais le dernier éperon d'une crête assez longue ; elle est constituée par des

1. D. W. Ivanow, *La chaîne du Sikhota-Aline. Esquisse orographique et géologique d'après les données recueillies en 1894-1896*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, XVI, 1898, p. 90).

2. L. Batzevitch, *Recherches géologiques sur les rives de l'Amour et de l'Oussouri*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, IV, 1897, p. 7); D. W. Ivanow, Ibid., XVI, 1898, p. 44, 45, 93.

assises verticales de couleur brune, rouge, jaune ou blanche, avec bancs minces d'un quartzite blanc et rose. Leur direction est E.-W.[1].

Plus au Sud, près de Mariinsk, une large croupe isolée de trachyte qui domine au loin le pays limite du côté du Nord le lac Kizi, au milieu duquel se dresse encore une petite île trachytique. C'est seulement au Sud de ce point (par 51° 35′ de lat. N. environ) qu'on connaît les plis réguliers du Sikhota-Alin, qui s'étendent à partir de là dans la direction du Sud-Ouest sur 9 degrés de latitude.

Les travaux de D. Ivanov ont fait faire un pas très important à la connaissance de ces montagnes. Ce voyageur a traversé le Nord de la chaîne suivant différentes directions, exploré la plus grande partie de la côte orientale et cherché à résumer les traits les plus saillants de sa structure (fig. 16)[2].

Tous les chaînons connus jusqu'à présent sont formés de roches archéennes ; il y a aussi quelques bandes dont l'âge est probablement paléozoïque, et des lambeaux plus récents de grès et de conglomérats qui doivent appartenir à la série de l'Angara. Des fossiles n'ont été signalés que dans l'extrême Sud. En outre apparaissent des roches éruptives d'âge très varié.

D'après les observations de D. Ivanov, la direction des plis ne correspond pas exactement à celle de la côte. En venant du Nord, il est vrai, jusqu'à la Baie de Saint-Vladimir (vers 44° de lat. N.), ces deux directions coïncident et la côte est constamment bordée de crêtes fort longues. Mais à partir de la baie en question, il n'en est plus ainsi : les faisceaux de plis sont coupés par la mer et se prolongent quelquefois dans des îles, comme autour de Vladivostok, les baies deviennent plus profondes et une côte à rias apparaît.

On savait depuis longtemps que quelques-unes des baies de la côte orientale, la Baie de Castries par exemple, sont entourées de basalte ; on constate aujourd'hui qu'une lisière de roches éruptives récentes borde cette côte d'une façon continue, pour autant qu'on la connaît, du Mont Djeliesniak (45° 25′) jusqu'à la Baie de Castries au Nord (51° 30′), c'est-à-dire sur environ six degrés de latitude ; et les points où les roches archéennes atteignent la mer dans cet intervalle apparaissent à l'état d'exception[3].

1. Batzévitch, Gornyi Journal, 1890, III, p. 134-143.

2. D. W. Ivanow, *La chaîne du Sikhota-Aline. Esquisse orographique et géologique d'après les données recueillies en 1894-1896*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, XVI, 1898, p. 1-118, carte schématique et carte géol.).

3. C'est ainsi que la carte d'Ivanov indique à partir de ce point méridional extrême

De longues vallées d'érosion traversent ces montagnes ; les crêtes se résolvent souvent en « goltzi » dont les plus élevés, d'ailleurs,

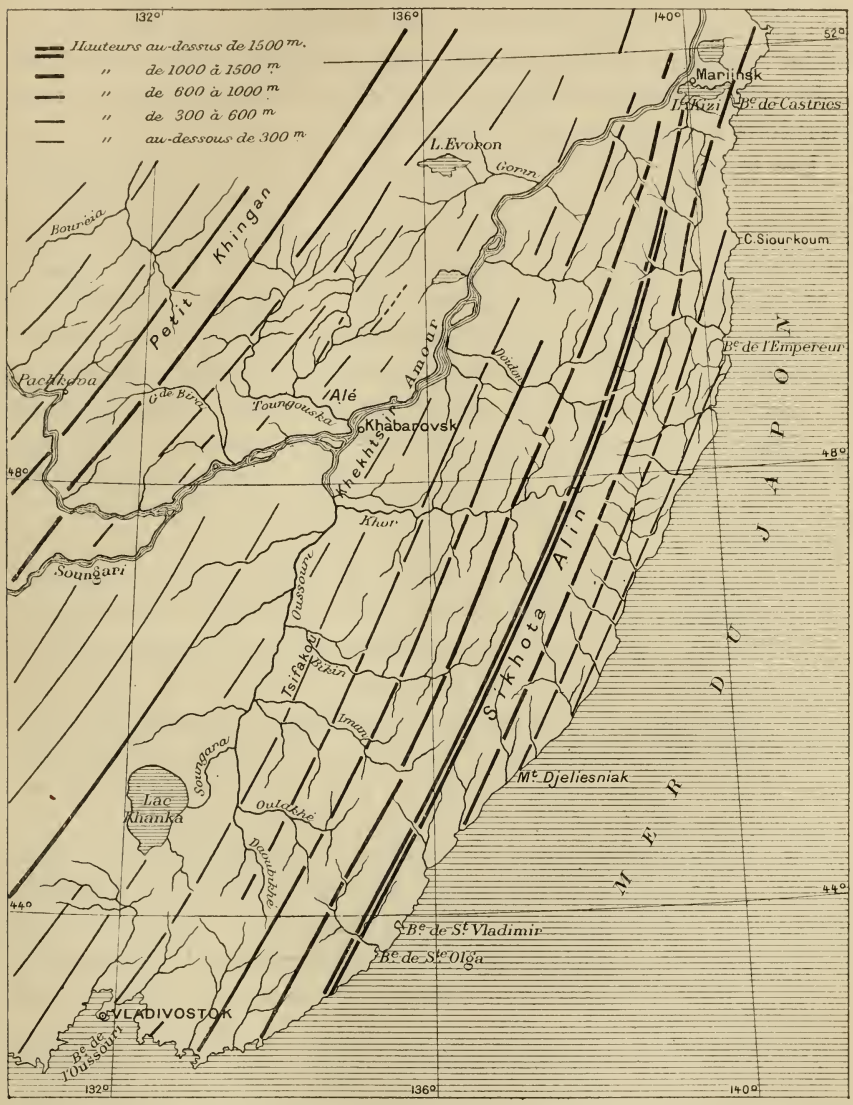


Fig. 16. — Carte schématique du Sikhota-Alin, d'après D. Ivanov (Explor. géol. Chemin de fer de Sibérie, livr. XVI, 1898, p. 118). — Échelle de 1 : 7 500 000.

ne dépassent pas 5 000 pieds [1 500 m.]. Dans l'intérieur, les roches

vers le N. des roches volcaniques récentes sur 130 verstes, et sur une longueur presque aussi grande au Nord du Cap Skalistaïa. Entre la Baie de l'Empereur (Imperatorskaïa Gaban) et le Cap de Castries, c'est-à-dire sur plus de deux degrés de latitude, le Sud

éruptives ne manquent pas, mais elles ne se présentent que d'une manière sporadique.

Le versant occidental du Sikhota-Alin s'abaisse graduellement vers l'Oussouri, souvent découpé en contreforts nombreux et d'une faible altitude, et interrompu dans certaines vallées par des plaines d'une étendue notable. Pour ce côté des montagnes, nous possédons les observations de M. Ivanov[1].

Les terrains sont les mêmes que sur le versant oriental. *Mais la vallée de l'Oussouri n'est pas une vallée longitudinale.* Le fait est très net entre 47° et 46° de lat. N., où sa direction coïncide presque avec celle du méridien. Lorsqu'en allant vers le Sud on a dépassé le Mont Samour, qui est formé de roches éruptives, on atteint les bandes de quartzite de la crête de Tsifakou, orientée N.E, ; ces bandes, en conservant la même direction, constituent ensuite les Monts du Tigre et ainsi, passant de la vallée de l'Oussouri dans celle de la basse Bikin, recoupent en biais le cours de l'Oussouri, en indiquant la véritable direction, qui est N.N.E. ou N.E. Au fond des vallées de la Bikin et de l'Iman, vers l'amont, la direction N.E. ou N.N.E. règne également.

Un peu plus au Sud, au voisinage de la station du chemin de fer qui porte le nom de l'Oussouri[2], et où se présente un anticlinal de micaschistes gris foncé, on constate que la direction N.E. a presque tourné à E.-W., de sorte que là, l'Oussouri coule perpendiculairement aux plis des terrains anciens. Cette direction très voisine de E.-W. domine dans tous les avant-monts situés à l'Est du lac Khanka, pour autant du moins qu'ils sont formés de gneiss, de gneiss granitique et de micaschistes. Toutefois, d'après les données de M. Ivanov, il paraît y avoir entre-croisement des plis. Non seulement on peut voir à l'Est du lac Khanka et sur une grande distance au N.N.E. dans la vallée de l'Oussouri, une longue série de buttes calcaires isolées, reposant directement sur le granite et le gneiss, qui appartiennent peut-être au terrain carbonifère et sont

et le Nord sont formés de terrains volcaniques, le centre est inconnu. Les roches qui jouent le rôle principal sont des basaltes et des mélaphyres; mais il semble que certaines porphyrites et même des diabases, entourées d'auréoles de contact, représentent une phase plus ancienne de ce grand alignement. Voir par exemple D. L. Ivanov, *Sur les gîtes de fer magnétique dans la région des baies de Ste Olga et de St Vladimir*, r. (Gornyi Journal, 1898, n° 1, p. 44-58, carte); l'auteur y signale un calcaire transformé en marbre blanc par la porphyrite.

1. M. Ivanow, *Recherches géologiques dans la région de l'Oussouri*, r. f. (Explor. Ch. de fer de Sibérie, IV, 1897, p. 15-44, carte II); voir aussi L. Batzevitch, *Recherches géologiques sur les rives de l'Amour et de l'Oussouri*, r. f. (Ibid., p. 2-8, carte 1).

2. Plus exactement au confluent du Koubourkhé, un peu au Sud de la station d'Oussouri, au Sud du confluent du Soungara, qui vient du lac Khanka.

autant d'indices d'une continuité antérieure; mais plus au Sud, par un contraste marqué avec l'allure à peu près E.-W. des terrains anciens, on voit encore une série un peu plus récente disposée en plis presque exactement N.-S. C'est ce qui se produit au rocher de Lindonau, près duquel, au pied de la haute montagne Bieltsova, les rivières Daoubikhé et Oullakhé viennent se réunir pour former l'Oussouri. Cette série plus récente consiste en quartzites et en schistes argileux que recoupent des filons de porphyre quartzifère; le Trias paraît en faire partie.

A l'extrémité méridionale du pays, aux environs de Vladivostok et en particulier sur la rive ouest de la Baie de l'Oussouri, on signale du Carbonifère supérieur à *Spirifer fasciger*, dans un autre banc à *Productus cora;* Tschernyschew assimile ces dépôts au Carbonifère supérieur de l'Oural et au *Lower Productus-Limestone* du Salt-Range. On y retrouve en outre des représentants marins du Trias, principalement à l'état de schistes et de grès; d'après M. Ivanov, ces couches recouvrent en transgression les terrains antérieurs. Elles ont d'ailleurs subi plus tard des dérangements importants, et plongent tantôt au S., tantôt au S.E. ou au N.W., conformément, semble-t-il, à la déviation des terrains anciens. Ce sont ces dépôts triasiques qui s'étendent dans la vallée de la Daoubikhé, où ils paraissent atteindre le Mont Bieltsova [1].

8. Hokkaido et Sakhalin. — Dans nos pérégrinations vers l'Est, nous avons atteint la mer aussi bien dans la région d'Okhotsk

1. A. Karpinsky, *Recherches géologiques de M.* Margaritoff *sur les bords du golfe d'Oussouri, près de Wladivostok*, r. f. (Bull. Comité géol. St-Pétersbourg, VII, 1889, p. 349-351), et Th. Tschernyschew, *Note sur une collection de Carbonifère des environs de la ville de Vladivostok*, r. f. (Ibid., p. 353-359); D. L. Ivanov, *Extraits des rapports sur l'expédition minière dans la partie Sud de la région de l'Oussouri*, r. (Gornyi Journal, 1891, n° 8, p. 251); Edm. v. Mojsisovics, *Vorläufige Bemerkungen über die Cephalopoden-Faunen der Himalaya-Trias* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., CI, Abth. I, 1892, p. 376); K. Diener, *Mittheilungen über triadische Cephalopodenfaunen von der Ussuri-Bucht und der Insel Russkij in der ostsibirischen Küstenprovinz* (Ibid., CIV, Abth. I, 1895, p. 268-274), et *Triadische Cephalopodenfaunen der Ostsibirischen Küstenprovinz*, r. a. (Mém. Comité géol., St-Pétersbourg, XIV, n° 3, 1895, 59 p., 5 pl.; voir dans ce mémoire la note de D. L. Iwanow, *Die Triasablagerungen im Süd-Ussuri-Gebiete*, p. 3-8, carte); A. Bittner, *Versteinerungen aus den Trias-Ablagerungen des Süd-Ussuri-Gebietes*, r. a. (Mém. Comité géol., VII, n° 4, 1899, 35 p., 4 pl.). — Mojsisovics a distingué deux faunes de Céphalopodes dont il assimile la plus récente au Muschelkalk; la plus ancienne et la plus riche (grès à *Proptychites*) est parallélisée provisoirement par Diener avec les couches à *Otoceras* de l'Inde; ce résultat est en harmonie avec les conclusions de Bittner, qui a montré que la plupart des Bivalves sont identiques aux espèces de schistes de Werfen. Le gisement de Rasdolnaïa, au Nord et à peu de distance de Vladivostok, appartient à un niveau différent; c'est là qu'on trouve les couches à *Pseudomonotis ochotica*.

qu'au Sikhota-Alin. Devant nous s'étalent les courbes insulaires, nous apprenant que les grands traits de la structure de l'Asie Intérieure caractérisent également les parties adjacentes de l'Océan Pacifique.

Dans un précédent chapitre (II, p. 287-300), nous avons distingué les arcs suivants : a) *Riou-Kiou*, pénétrant dans la partie méridionale de Kiou-Siou ; b) *Japon méridional*, se prolongeant peut-être vers la Chine, du côté du Sud, par les îles Tchou-San, et dessinant un rebroussement vers le Nord, dans le sphénoïde d'Akaishi, à l'approche de la grande région de fracture ; c) *Japon septentrional*, commençant avec une direction déviée, au delà du rebroussement, dans les Montagnes de Quanto, et se prolongeant vers le Nord dans la partie méridionale de Yéso (Hokkaido) ; d) *Centre de Yéso et Sakhalin*, arc caractérisé par le développement du terrain crétacé ; e) *Kouriles*, se prolongeant dans l'Est du Kamtchatka ; f) tronçon dans le Centre et l'Ouest du *Kamtchatka*.

Cette interprétation des lignes directrices a été confirmée par les nombreux travaux plus récents ; toutefois, bien des traits peuvent être précisés grâce à ces nouvelles études. Tel est le cas, en particulier, pour le Japon.

Les directrices dessinées il y a déjà longtemps par Ed. Naumann ont été reconnues exactes, dans leurs traits généraux, à la suite des recherches de Harada et de plusieurs autres géologues japonais[1]. Mais on voit aujourd'hui, plus clairement encore qu'à cette époque, la chaîne volcanique des îles Schichito pénétrer dans la *fossa magna*, la ligne ou arête de rebroussement. La classification des couches fossilifères a également fait de grands progrès. On connaît au Japon des dépôts marins qui, abstraction faite d'un terrain ancien contenant des Radiolaires, représentent le Carbonifère supérieur et des termes très variés du groupe mésozoïque ; et en même temps, bien que cette étude ait été limitée jusqu'ici à l'examen des flores, on est parvenu à distinguer plusieurs horizons dans les dépôts charbonneux de la série de l'Angara. La houille de Nagato, à l'Est de Shimonoseki, renferme une flore rhétienne[2],

1. Voir, en particulier : Toyokitsi Harada, *Die japanischen Inseln, eine topographisch-geologische Uebersicht*, I, in-8°, 126 p., 5 cartes, Berlin, 1890 (herausg. v. d. k. Japanischen Geol. Reichsanstalt); Edm. Naumann, *Neue Beiträge zur Geologie und Geographie Japans* (Petermanns Mitteil., Ergänzungsheft Nr. 108, 45 p., 3 cartes); et la grande carte géologique détaillée du Japon, publiée par le Service géologique de ce pays.

2. Matajiro Yokoyama, *On some Fossil Plants from the Coal-bearing Series of Nagata* (Journ. College of Science, Imp. University, Tokyo, IV, 1891, p. 239-247, pl. XXXII-XXXIV).

celle de Kaga est attribuée au Jurassique moyen[1], et les couches à empreintes végétales de l'île de Shikoku [Sikok] indiquent un âge wealdien ou néocomien[2].

Pour l'intelligence des arcs insulaires, les travaux de Jimbo sur Hokkaido sont particulièrement importants[3]. En partant du Sud-Ouest, c'est-à-dire de Honshiu [Hondo], on reconnaît dans cette grande île la présence des éléments suivants : la partie sud-ouest, la presqu'île d'*Oshima*, consiste en lambeaux isolés de roches schisteuses anciennes, avec quelques pointements de granite. Dans les intervalles surgissent des volcans, tels que les îles Koshima et Oshima au Sud-Ouest, et l'Esan et le Komagataké sur la côte est, ce dernier situé à l'entrée de la baie circulaire d'Uchiura (Baie des Volcans), laquelle n'est qu'une répétition des effondrements en forme de cuvette du Gassan, du Chokaï, etc., sur la côte nord-ouest de Honshiu (II, p. 289, fig. 52). Cette partie de Hokkaido se présente donc comme le prolongement de Honshiu.

Le nœud de montagnes qui s'élève au Nord de la Baie d'Uchiura, et qui répond sur les cartes à un second élargissement de l'île, est constitué presque uniquement par des roches andésitiques, au-dessus desquelles se dressent plusieurs volcans. Au centre se trouve le plus élevé, le Makkarinupuri (1963 m.).

Jimbo appelle ce grand massif volcanique *massif du Shiribets*. Il est possible qu'il se prolonge au Nord par la masse andésitique du Mashiké, sur la côte ouest, et plus au Nord encore par le volcan insulaire de Rishiri.

A l'Est du massif du Shiribets, on voit une profonde dépression, et à l'Est de cette dépression une zone de dépôts marins appartenant au Crétacé moyen, à l'état de lambeaux nombreux et importants, sort de dessous le manteau des sédiments tertiaires. Cette zone crétacée se poursuit à travers toute l'île suivant une direction voisine de celle du méridien, depuis Urakawa, non loin de la pointe la plus méridionale de Hidaka, jusqu'au Cap Soya, le promontoire extrême vers le Nord. Sur plus de trois degrés de

1. Matajiro Yokoyama, *Jurassic Plants from Kaga, Hida, and Echèzen* (Journ. Coll. of Sc., Imp. Univ., Tokyo, III, 1888, p. 1-65, pl. I-XIV).

2. A. G. Nathorst, *Beiträge zur Mesozoischen Flora Japan's* (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., LVII, 1890, p. 43-60, 6 pl); M. Yokoyama, *Mesozoic Plants from Kōzuke, Kii, Awa, and Tosa* (Journ. Coll. of Sc., Imp. Univ., Tokyo, VII, 1894, p. 201-231, pl. XX-XXVIII).

3. K. Jimbō, *General Geological Sketch of Hokkaido, with special reference to the Petrography*, in-8°, 79 p., cartes, Satporo, 1892; et *Unsere geologischen Kenntnisse von der Insel Hokkaidō in Japan* (Verhandl. d. Russisch-k. Mineralog. Ges. St-Petersburg, 2. Ser., XXXI, 1894, p. 305-311). [Voir *La Face de la Terre*, II, p. 296, fig. 55.]

latitude, elle est redressée, plissée et même en quelques endroits renversée; le plongement dominant est vers l'Est. Elle est formée de schistes, de grès et de conglomérats, qui d'ordinaire, comme à Sakhalin, ne se distinguent en rien des couches tertiaires recouvrantes. Depuis les premières publications de Naumann, on la considère comme le prolongement du terrain crétacé de Sakhalin, et plus récemment, on a trouvé à Hokkaido une espèce très caractéristique de Sakhalin, *Helcyon giganteus*. Les recherches de Yokoyama, de même que les études comparatives de Kossmat et la présence d'espèces du groupe inférieur d'Ootatoor, dans l'Inde, aussi caractéristiques que *Gaudryceras Sacya* et *Tetragonites Timotheanus*, ont conduit à admettre que la série des couches descend jusqu'au Cénomanien inférieur. Michael croit reconnaître à Sakhalin l'équivalent de l'Emscher Mergel (Sénonien inférieur)[1]. Ainsi, la grande transgression crétacée se traduit jusque dans les arcs insulaires eux-mêmes.

A l'Est de la zone crétacée de Hokkaido s'élève une zone, également continue à travers l'île entière, de terrains paléozoïques et de schistes anciens. Elle court de même régulièrement vers le Nord et atteint la côte septentrionale un peu à l'Est du Cap Soya. Au Sud, une longue bande granitique de même direction fait saillie en son milieu. Cette moitié méridionale forme la *chaîne de Hidaka* de Jimbo. Elle disparaît vers le centre de l'île sous les andésites et les rhyolites d'un puissant volcan, l'*Optateshiké*, et au Nord de ce massif parasite elle est fréquemment masquée par des laves ou par des sédiments tertiaires.

C'est à la zone crétacée et à la zone de Hidaka que l'île de Hokkaido doit sa forme en losange. La première, comme on l'a vu, constitue le Cap Soya, au Nord, et la seconde le Cap Yerimo, au Sud. Le territoire situé à l'Est de la zone de Hidaka possède une structure différente. Tandis que, jusque-là, la direction méridienne était prépondérante, la ligne des Kouriles (en japonais : Chishima) pénètre alors, comme Lyman l'a reconnu depuis longtemps, dans Hokkaido.

Yokoyama a mis en lumière un fait remarquable, c'est qu'à l'extrémité orientale de Hokkaido, au voisinage de la ville de

1. M. Yokoyama, *Versteinerungen aus der japanischen Kreide* (Palaeontographica, XXXVI, 1890, p. 159-202, pl. XVIII-XXV); Fr. Kossmat, Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLIV, 1894, p. 470, et *Untersuchungen über die Südindische Kreideformation* (Beitr. zur Paläont. Oesterr.-Ung. u. d. Orients, herausgeg. v. W. Waagen, IX, 1895, p. 119, 133). Voir aussi R. Michael, *Ueber Kreidefossilien von der Insel Sachalin* (Jahrb. k. Preuss. geol. Landesanst., XIX, 1898, p. 153-164, pl. V, VI).

Nemuro, et plus à l'Est, dans l'île Shikotan, qui fait face aux Kouriles méridionales, le terrain crétacé, contenant des Inocérames et d'autres fossiles, affleure encore une fois. Nous n'hésiterons pas à regarder ces gisements comme les restes de la zone externe des Kouriles ; mais il est intéressant de constater qu'une brèche andésitique apparaît déjà au milieu de ces sédiments crétacés, et que, par conséquent, l'activité volcanique, dans les Kouriles, remonte jusqu'à l'époque de la Craie.

De l'île Kunashiri, la plus méridionale des Kouriles, les volcans s'alignent sur un arc de cercle régulier dont la direction passe de W.S.W. à E.-W., et qui traverse l'Est de Hokkaido jusqu'au volcan Nutapkaushipé (7500 pieds, 2285 m.), puis jusqu'au massif déjà signalé de l'Optateshiké (6000 pieds [1800 m.]), greffé sur des montagnes granitiques. Dans la vallée du Teshio, dans la zone crétacée principale, donc à l'Ouest de la chaîne des schistes anciens, Jimbo note également la présence d'une brèche andésitique d'âge crétacé.

Il résulte de cette disposition, et notamment de l'allure de l'Optateshiké, que *la ligne volcanique des Kouriles empiète réellement sur la chaîne plissée, granitique et schisteuse, de Hidaka, qui lui est perpendiculaire.* Tel est le mode de contact de deux directrices importantes, dont l'une est de nature volcanique.

Des couches tertiaires d'eau douce à lignites, surmontées de dépôts marins tertiaires, enveloppent à peu près de tous les côtés les chaînons dont il a été question jusqu'ici.

On peut également préciser désormais les rapports qui existent entre Hokkaido et *Sakhalin*. Cette grande île est formée, elle aussi, de bandes schisteuses paléozoïques ou même antérieures, au-dessus desquelles la série des couches commence avec le Cénomanien ou le Sénonien inférieur. La direction est la même. Le nombre des chaînes parallèles est plus grand. Les volcans manquent.

Les cartes dessinent souvent, au Sud de Sakhalin, un promontoire qui se détache au Sud-Est et se termine au Cap d'Aniva. Ceci donne une impression inexacte. En réalité, comme Glehn et Chébounin l'ont montré, il y a là trois chaînes de montagnes parallèles, courant du Nord au Sud, et séparées par des vallées longitudinales[1]. La première chaîne, du côté de l'Est, se termine au Cap

1. P. v. Glehn, *Reisebericht von der Insel Sachalin* (Baer und Helmersen, Beiträge zur Kenntniss des Russischen Reiches, XXV, 1868, p. 189-300; avec carte par G. W. Schebunin). — Une carte générale de l'île accompagne l'article de F. Immanuel, *Die Insel Sachalin* (Petermanns Mitteil., XL, 1894, p. 49-60, pl. 5).

d'Aniva et est isolée au Nord par la Baie Mordvinov. Glehn la nomme *Chaîne de la pointe sud-orientale* (VI, fig. 17). La seconde chaîne méridienne est appelée par Glehn Monts *Soïa-Sousousnaï* (V, fig. 17). Son pied sud s'élève au bord oriental de la Baie d'Aniva; elle atteint environ 760 mètres d'altitude; sa longueur est à peu près de 80 verstes, comme pour la première, et elle se termine sur la côte orientale. Nous désignerons la troisième chaîne, avec Poliakov, sous le nom de *Chaîne principale de Sakhalin* (IV, fig. 17). Commençant au Cap Crillon, elle se prolonge suivant la direction du méridien jusqu'au 51° de lat. N.[1].

Les deux petites chaînes mentionnées en premier et la partie sud de la chaîne principale de Sakhalin sont formées, d'après Glehn et Lopatin, par des schistes cristallins et des marbres, encadrés en quelques endroits par des marnes blanches avec débris de Poissons dont l'âge est inconnu, mais qui sont probablement tertiaires[2].

Les deux petites chaînes de l'Est n'ont pas de prolongement à Hokkaido, où elles tomberaient dans le domaine de l'arc des Kouriles. Le rattachement des deux îles ne peut être cherché que par le Détroit de La Pérouse, du Cap Soya au Cap Crillon. Nous savons que le Cap Soya est crétacé, et que les roches anciennes de la zone de Hidaka n'atteignent la côte septentrionale de Hokkaido qu'un peu plus à l'Est. Ce point n'en reste pas moins à l'Ouest du méridien passant, au Sud, par le Cap Yerimo.

Par conséquent, la chaîne principale de Hokkaido ne suit pas tout à fait la direction N.-S et s'infléchit légèrement au N.N.W., ou bien elle ne correspond pas à la grande chaîne de Sakhalin et représente une nouvelle coulisse.

A l'Est du Cap Crillon se montrent les marnes blanches; à l'Ouest, on retrouve les roches schisteuses cristallines qui formaient les deux chaînons orientaux. Mais bientôt, à partir de la rivière Oko (46° 40′), une série de couches lignitifères s'adosse à la côte occidentale, en formant des lambeaux isolés qui se prolongent très loin vers le Nord. Lopatin, dans sa traversée de l'île du Nord-Est au Sud-Ouest, en partant de Naï Boudji sur la côte orientale (47° 25′), près de l'extrémité nord du second chaînon (Monts Soïa-Sousousnaï), ne rencontra que des roches métamorphiques remplies de filons de quartz, avec seulement quelques lambeaux ter-

1. J. S. Poljakow, *Reise nach der Insel Sachalin;* aus dem Russischen übersetzt von A. Arzruni, in-8°, Berlin, 1884.

2. Lopatin, *Rapport au Gouvernement général de la Sibérie Orientale*, r. (Gornyi Journal, 1870, n° 10, p. 47 et suiv.; pour le Sud, voir surtout, p. 67).

tiaires. Il constata d'ailleurs, dans le lit des rivières, la présence de cailloux de granite, de porphyre et de diorite.

Une fois les chaînons orientaux disparus, la chaîne principale de Sakhalin forme seule, sur une grande distance, le corps rétréci de l'île. Après avoir atteint 3000 pieds d'altitude [900 m.], elle s'abaisse par 48° à 700 ou 800 pieds [200 à 250 m.], pour se relever ensuite. A l'Ouest comme à l'Est, on connaît le long de la côte des bancs de lignite. Dans cette région, les terrains anciens disparaissent, sans qu'on puisse encore préciser comment et apparemment sans que la direction change, et des terrains beaucoup plus récents les remplacent. Au Pic La Martinière ou Ktöous-Pál(50° 15′), Schmidt a trouvé jusqu'au sommet,

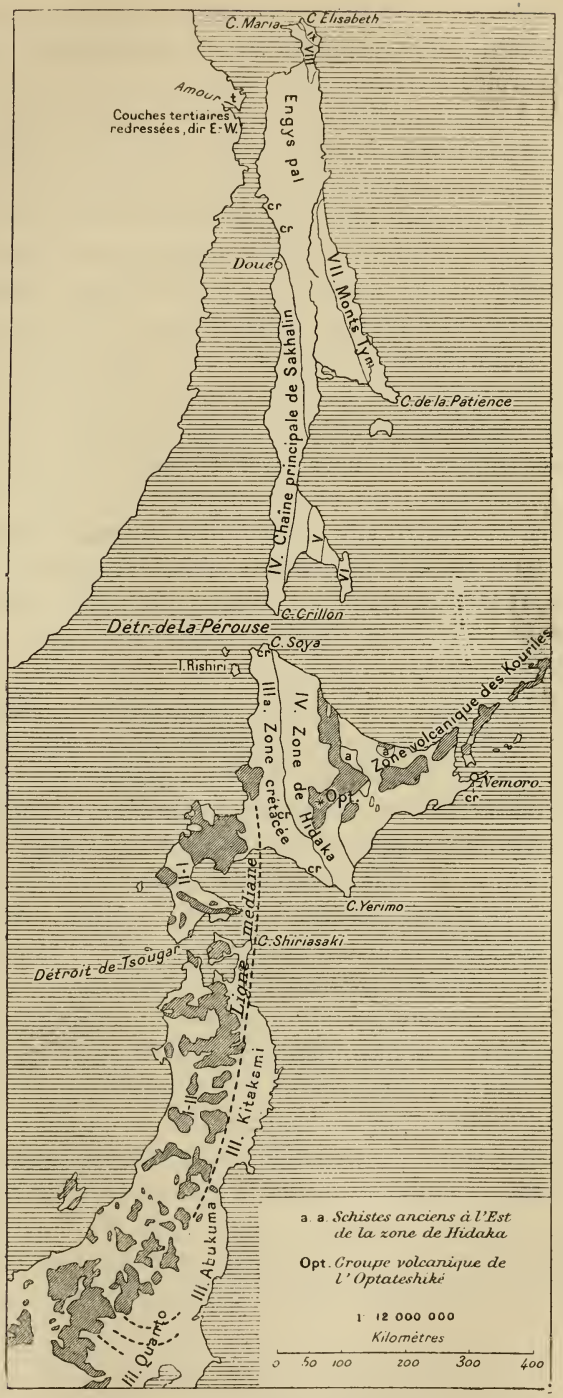


Fig. 17. — Hokkaido et Sakhalin.

à 5000 pieds [1 500 m.], un grès crétacé ou tertiaire, dur, gris, à demi cristallin, qui forme en bancs généralement très redressés toutes les crêtes environnantes[1].

A partir du 49° environ, une seconde chaîne vient s'ajouter du côté de l'Est à la précédente : c'est celle des *Monts Tym* (VII, fig. 17), qui converge nettement vers le Nord. Au Sud, elle ferme la Baie de la Patience; puis elle est séparée des montagnes de l'Ouest, jusqu'à son extrémité septentrionale, aux « Pains de Sucre », au voisinage du 52° de lat. N., par les deux vallées longitudinales du Poronaï et du Tym. Poliakov, qui de la vallée d'Alexandre près de Doui (50° 50′) a traversé la chaîne principale de Sakhalin jusqu'au Tym, puis a suivi ce cours d'eau vers l'aval jusqu'à l'extrémité septentrionale des Monts Tym, n'a vu que des quartzites et des argiles sableuses grises; d'après ce savant, la vallée du Tym représenterait un pli synclinal, tandis que les chaînons situés de part et d'autre coïncideraient avec des anticlinaux de quartzite et de grès tendre, en bancs souvent verticaux[2].

Toutefois, d'après Lopatin, des roches cristallines se montrent également sur le Tym et forment la côte orientale le long des Monts Tym[3].

Il ne semble pas que le cours inférieur du Tym, là où il coupe les Monts Tym, soit établi dans une vallée transversale. Poliakov dit que la chaîne de l'Est est comme rejetée de côté par celle de l'Ouest. En fait, la chaîne principale de Sakhalin s'arrêterait sur la côte ouest près de Doué ou un peu plus au Nord, par 51° ou 51°30′, — c'est du moins ce qu'affirment à la fois Glehn et Chébounin; et à partir de là, le pays, en allant vers le Nord, prend de plus en plus l'aspect d'un plateau large et accidenté : la partie culminante, l'Engys-pal (2000 pieds [600 m.]), n'est que l'arête d'une croupe fort large, et non pas une chaîne véritable. Ce plateau accidenté remplace d'abord, à l'Ouest, la grande chaîne de Sakhalin, puis, à l'Est, celle des Monts Tym, de sorte qu'il occupe seul toute la largeur de l'île.

Au Nord du Cap Khoïndcho (50° 50′), qui est encore formé de roches cristallines, et de la localité voisine de Doué, à l'endroit où se placerait à peu près l'extrémité de la grande chaîne de Sakhalin, une série très variée de couches plus ou moins verticales, et même renversées d'après certains auteurs, se montre sur la côte

1. F. Schmidt, dans P. v. Glehn, *Reisebericht*, etc., p. 253.
2. Poljakow, *Reise nach der Insel Sachalin*, p. 23, 67.
3. Lopatin, *Rapport* cité, p. 70.

occidentale. C'est de là que provient la faune crétacée si riche de Sakhalin, décrite par Schmidt, dont les affinités avec Hokkaido et avec la Craie de l'Inde sont si frappantes. La série marine débute avec la Craie moyenne. Mais les dépôts tertiaires, tant marins que d'eau douce, ne manquent pas non plus. Glehn a décrit toute la coupe qui s'étend jusqu'au Cap Ouandi, sur environ 70 verstes[1], On a l'impression que toute cette zone de sédiments récents est coupée par la côte sous un angle aigu, comme si elle allait disparaître sous la Manche de Tartarie dans la direction du N.N.W.

Au Nord, près de Ouandi, le substratum cristallin se montre encore une fois (51°35′), pour être bientôt suivi, d'ailleurs, de nouveaux affleurements de grès en couches verticales; et plus au Nord encore, dans toute l'extrémité occidentale du pays de collines que domine l'Engys-pal, pour autant du moins qu'on l'a parcouru au delà de la bordure des toundras, jusqu'au lac saumâtre de Pronge (53° 45′), on ne connaît que des grès dont l'âge est probablement tertiaire. Batzévitch a décrit les sables et les grès tendres de Pronge. On y trouve de la cornaline et de la calcédoine, comme c'est le cas si souvent dans les grès tertiaires de la région amourienne. Le plongement relevé par Batzévitch : moins de 20°, *hora* 3 N.E., indique la direction du Nord-Ouest. Ces grès s'étendent à travers toute l'île, d'une mer à l'autre, et ne renferment aucun fossile; on les considère comme pliocènes. A l'Est de la ligne de partage des eaux, un pli anticlinal amène au jour une argile contenant du pétrole et donnant naissance à un petit lac de naphte. On a également signalé du pétrole sur la côte orientale[2].

Une nouvelle crête dentelée s'élève alors, en décrivant une courbe très marquée au N.W.; elle forme sur une hauteur de 2000 pieds [600 m.] le promontoire de l'Ouest et se termine en falaises rocheuses au Cap Maria (VIII, fig. 17). Un second chaînon analogue, mais un peu moins élevé, lui succède au Nord et se termine au Cap Elisabeth, la pointe extrême de Sakhalin vers le Nord (IX, fig. 17). La constitution de ces promontoires remarquables n'est pas connue; Glehn suppose que les couches anciennes à empreintes végétales du Cap Khoïndcho affleurent à leur pied, parce que de la

1. P. v. Glehn, *Reisebericht von der Insel Sachalin*, p. 242 et suiv. Des dépôts marins crétacés recouvrent des couches contenant des feuilles d'*Alnus*, *Fagus*, etc. En présence des résultats inattendus qu'a déjà fournis l'étude de la flore crétacée, j'hésite jusqu'à nouvel ordre à voir dans cette superposition la preuve certaine d'un renversement.

2. L. Batzévitch, *Description des sources de pétrole de Sakhalin*, r. (Gornyi Journal, 1890, III, p. 129-150, pl. VII).

houille existe, dit-on, près de Pilvo, au pied sud de la chaîne méridionale[1].

Ce n'est donc pas seulement à Hokkaido et dans les Monts Tym, mais aussi sur d'autres points et en particulier dans le Nord de Sakhalin que la direction vraie doit s'écarter du méridien vers le N.N.W., et au Nord, la grande île se termine par les deux bandes rocheuses disposées en crochet qui aboutissent dans la mer aux caps Maria et Elisabeth. Ce fait donne une certaine importance à la direction E.-W. des grès tertiaires de la Polosata Gora, au Nord de l'embouchure de l'Amour. *Il semble que ces parties extrêmes des chaînes qui convergent vers le Golfe d'Okhotsk tendent à dévier vers l'Ouest.*

La principale modification qu'il paraisse utile d'introduire dans l'énumération des lignes directrices de l'arc insulaire que nous avons reproduite concerne l'arc *d* (Hokkaido et Sakhalin), qui n'a plus lieu d'être considéré comme distinct.

Naumann et Harada sont d'accord pour admettre que le Nord de Honshiu possède une structure zonaire. Harada est particulièrement explicite sur ce point, et en suivant ses indications, nous aurons (fig. 17) : I° une zone sédimentaire interne, souvent morcelée et masquée par des roches éruptives; II° la zone centrale, formant comme le noyau de la chaîne, et constituée par du gneiss et des schistes cristallins; III° la zone sédimentaire externe. De grands volcans apparaissent sur le territoire des zones I et II; un profond sillon, la *ligne médiane* de Harada, court dans cette partie du Japon à travers la zone III.

Ce sillon atteint le Cap Shiriasaki à l'extrémité septentrionale de Honshiu; et la profonde dépression qui, à Hokkaido, sépare la partie orientale de l'île de la partie occidentale, beaucoup moins étendue, est considérée d'un commun accord comme le prolongement de la « ligne médiane » de Honshiu. Les fragments de terrains anciens d'Oshima et les volcans voisins, le massif volcanique du Shiribets, celui du Mashiké (en tant que ne faisant pas partie des Kouriles) et même le volcan Rishiri correspondraient d'après cela à la zone II et peut-être aussi, à Oshima, à la zone I. La zone externe plissée, en partie mésozoïque, du Nord de Honshiu (III), à laquelle appartiennent les massifs d'Abukuma et de Kitakami, (voir t. II, p. 289, fig. 52), n'apparaît pas à Hokkaido sous cette forme. Comme on y connaît également à Honshiu des lambeaux trans-

1. P. v. Glehn, *Reisebericht von der Insel Sachalin*, p. 219, 229, 251.

gressifs d'âge crétacé moyen, on pourrait supposer que la zone crétacée de Hokkaido est assimilable au prolongement du bord oriental de III. Mais on nous dira qu'il en va peut-être tout autrement, et sans porter un jugement, nous désignerons cette zone crétacée de Hokkaido sous le symbole III *a*. La chaîne de Hidaka, qui se prolonge dans la grande chaîne de Sakhalin, prendra le n° IV. En faisant alors abstraction des vallées et en ne considérant que les chaînes, nous devrons donc attribuer le chiffre V aux Monts Soïa-Sousousnaï, qui viennent à l'Est de IV, et le chiffre VI à la chaîne côtière orientale. Plus à l'Est encore naît la chaîne des Monts Tym (VII), et les n°s VIII et IX tombent en partage aux petits chaînons incurvés de l'extrémité septentrionale de Sakhalin.

Il résulte de là que les chaînes les plus externes, celles qui portent les n°s VIII et IX, sont en même temps les plus avancées au Nord, et que deux circonstances dominent toute la situation : d'abord un échelonnement particulier des coulisses vers le Nord, puis une convergence générale vers le Golfe d'Okhotsk.

L'ensemble s'ordonnant à peu près autour du méridien, la première circonstance se traduit dans la position de l'extrémité septentrionale des chaînes successives. Les roches anciennes de II (ou de I) sont visibles jusqu'à 42° 40′ de lat. N. et les volcans leur servant de cortège vont jusqu'au Rishiri, par 45° 8′; III *a*, la zone crétacée de Hokkaido, disparaît au Cap Soya, par 45° 30′, et les roches anciennes de la zone IV atteignent la mer au Sud de Doué, par 50°52′. Ensuite viennent les courts chaînons du Sud de Sakhalin, V jusqu'à 47° 35′ et VI jusqu'à 46° 48′, puis les Monts Tym (VII) jusque vers 51° 45′, enfin VIII et IX jusqu'à 54° 18′ et 54° 22′.

Dans cette énumération, nous ne tenons pas compte des affleurements isolés de roches anciennes à Ouandi, au Nord de Doué, et nous admettons que le terrain crétacé visible entre Ouandi et Doué n'appartient pas à la même zone que celui de Hokkaido.

Les pointements de roches anciennes situés à l'Est de la zone de Hidaka, dans l'île de Hokkaido, peuvent-ils être regardés comme le prolongement méridional des courts chaînons V et VI? C'est ce dont je ne puis juger d'après les observations qui me sont connues. Mais en tout cas, il est manifeste que la ligne des Kouriles empiète sur les zones rattachant Honshiu à Sakhalin.

Certains faits semblent même indiquer que cet empiétement des Kouriles sur Hokkaido atteint des proportions bien plus considérables que les documents publiés jusqu'ici ne le faisaient prévoir. Non seulement l'on voit succéder aux lambeaux crétacés de Nemuro,

sur la côte méridionale de l'île, un bassin de lignite affectant la direction W.S.W., mais M. Ogawa m'annonce en outre que cette même direction, qui est celle des Kouriles, se retrouve dans les lambeaux paléozoïques du Sud-Ouest jusqu'à Oshima, et même jusqu'au voisinage du Cap Shiriasaki et dans la partie tout à fait septentrionale de Honshiu. On a d'ailleurs constaté des indices d'un retour à la direction W.N.W. à l'extrémité septentrionale du massif de Kitakami. De cette façon, on peut croire qu'il s'est réellement produit dans l'extrême Nord de Honshiu un entre-croisement, grâce aux limites variables des mouvements successifs, et qu'autrefois les Kouriles venaient s'y raccorder par rebroussement avec l'arc du Japon Septentrional.

Il est possible d'ailleurs qu'au Sud, à Kiou-Siou, la situation soit la même. Je dois en outre à M. Ogawa l'annonce que M. Sugawa a trouvé sur la côte méridionale de Kiou-Siou des traces de la direction des Riou-Kiou, traces qui sont même reconnaissables dans les terrains sédimentaires anciens jusque sur la côte nord de cette grande île.

De plus, les schistes sériciteux et à demi cristallins qui constituent la zone de Hidaka lorsqu'elle s'enfonce dans l'Océan au Cap Yerimo ont été retrouvés, d'une façon inattendue, dans quelques îlots qui bordent la côte à l'Est du massif de Kitakami. Dans la presqu'île de Tshori, qui fait partie du massif de Quanto, près du bord septentrional de la grande entaille de Honshiu, un calcaire paléozoïque se dirige droit à l'Est, vers la mer. Ce sont là des traces, d'ailleurs lointaines, indiquant que la zone de Hidaka elle-même se poursuit jusqu'au rebroussement du Japon central.

9. Coup d'œil général. — La région étudiée dans ce chapitre embrasse, de l'entrée de la basse Chilka dans les terrains du Grand Khingan jusqu'à la rive orientale de Sakhalin, 25 degrés de longitude, et de la vallée de l'Okhota au rebroussement de Honshiu, près du Fouji Yama, 26 à 27 degrés de latitude.

Les horsts de l'ancien faîte ont disparu l'un après l'autre sous la taïga, le long de la ligne de partage des eaux de la Mer Glaciale. Dans la partie septentrionale du Grand Khingan et dans le Toukouringra se présente une direction différente, et l'on pourrait croire alors qu'une disposition nouvelle va survenir. Il n'en est pas ainsi. A travers les plaines fertiles de l'Amour, les sombres forêts vierges des Monts Tourkana et du Petit Khingan et jusqu'aux solitudes de Sakhalin ou aux grands fonds de la côte japonaise, les

lignes directrices se montrent subordonnées à un même plan d'ensemble qui, à mesure que la direction s'infléchit davantage au Nord, se traduit par la convergence de toutes les chaînes vers le Nord de la Mer d'Okhotsk. Ces chaînes sont : les Monts Aldan, les Monts Tourkana, la chaîne de la Bouréïa et le Petit Khingan, les chaînes de Mandchourie et le Sikhota-Alin, enfin celles du Nord de Honshiu avec Hokkaido et Sakhalin. En même temps tout le système vient s'accoler au faîte, comme une région qui, d'une façon générale, serait disposée dans le même sens.

Le tableau s'élargit dans des proportions notables si l'on tient compte d'un fait dont je dois encore la communication à M. Ogawa. On a rapporté de l'île du Père [Peel], aux *îles Bonin*, du calcaire à Nummulites. Les îles Bonin forment deux zones distinctes, alignées du S. au N. La zone orientale, à laquelle appartient le groupe en question, est constituée par des roches andésitiques, probablement anciennes, et disparaît vers le Nord. La zone occidentale est une rangée de monts à cratères récents, et en partie encore actifs : les îles Saint-Augustin, Krusenstern, du Soufre, Saint-Alexandre et Rosario. Au voisinage de Saint-Alexandre, on a signalé de plus une éruption sous-marine. Cette zone occidentale disparaît bien aussi vers le Nord, mais elle revient au jour dans la ligne également volcanique, et fort active encore, de l'île Ponafidin, de l'île des Volcans, d'Aoga-shima, Hatshija-shima, etc., qui atteint au voisinage du Fouji-Yama l'arête de rebroussement de Honshiu.

Il n'est donc pas improbable que la zone orientale des îles Bonin représente l'amorce d'une Cordillère, et que ces îles possèdent une structure analogue à celle de l'arc des Riou-Kiou ou des Antilles, qu'il faille par conséquent les considérer comme un arc insulaire indépendant. Or, comme on a signalé certains faits indiquant un prolongement de la zone de Hidaka jusqu'au Sud du massif de Quanto, et que cette zone de Hidaka coïncide avec la zone principale de Sakhalin, il est permis de supposer que des lignes directrices aussi distantes que le sont celles des îles Bonin et de Sakhalin peuvent arriver à se rejoindre au centre de Honshiu.

L'allure arquée dans le même sens des *îles Mariannes*, qui est si nette, permet en outre de penser qu'elles jalonnent aussi un arc insulaire indépendant, dont la Cordillère n'est toutefois pas visible.

Si l'on pouvait écarter les eaux marines, ces arcs insulaires se dressant au-dessus de grandes profondeurs apparaîtraient tous comme de puissantes chaînes de montagnes. Les arcs succèdent

aux arcs. *On ne connaît aucune limite, dans la direction de l'Océan, à cette étonnante puissance curvigène qui émane du faîte de l'Eurasie*[1].

Il semble, d'ailleurs, que vers la périphérie de l'édifice les diamètres deviennent par trop grands. Les segments se divisent alors en se repliant sur eux-mêmes, et il se produit souvent des rebroussements entre les tronçons successifs. L'extrémité sud-ouest des Monts Aldan est recourbée; on observe le même fait à l'extrémité septentrionale de Sakhalin, ainsi que dans la partie méridionale du Sikhota-Alin, où se produit un retour des plis vers le lac Khanka. A Honshiu, le rétrécissement et le rebroussement qui coïncident avec la *fossa magna* répondent probablement au même phénomène.

Les cassures longitudinales extraordinairement continues du faîte ne font pas défaut non plus à la périphérie. L'un de ces accidents forme à l'Est la côte rocheuse des Monts Aldan; au Sud de la Mer d'Okhotsk, où l'on pourrait s'attendre à voir une cassure transversale, se présente une côte à rias. Le second exemple est fourni par le bord oriental du Sikhota-Alin, avec son long liséré de basaltes; cette fois encore, il se forme au Sud une côte à rias, au lieu d'une cassure transversale. C'est ainsi également que des traînées basaltiques jalonnent à l'Est et à l'Ouest le pied du Petit Khingan, au voisinage de l'Amour. Ces longs alignements diffèrent des séries d'effondrements circulaires qui caractérisent la côte occidentale du Japon, et pour les expliquer, on devra recourir à des phénomènes de disjonction analogues à ceux dont le faîte a été le théâtre.

Il y a, de la part des cassures, une tendance à être longitudinales plutôt que transversales ou qu'à suivre toute autre direction; mais l'on constate que *la cassure longitudinale du Sikhota-Alin ne s'infléchit pas comme les plis eux-mêmes dans la partie méridionale de la chaîne.*

Cette circonstance est importante à noter. Les lignes disjonctives résultant d'une tension peuvent avoir la tendance à suivre sur de grandes longueurs l'allure plus ou moins rectiligne ou légèrement incurvée d'un faisceau de plis, mais non à faire un coude brusque. Anert déclare qu'en Mandchourie, les plis récents mais déjà rasés de la plaine s'orientent toujours N.N.E., tandis que dans les terrains anciens, c'est-à-dire dans la région montagneuse qui s'aligne

[1. Le texte allemand porte : *Man kennt gegen den Ocean hin keine Grenze der wunderbaren bogen-gebärenden Macht, welche vom eurasiatischen Scheitel ausgeht.*]

également N.N.E. au point de vue du relief extérieur, on constate parfois que les roches possèdent une direction différente, E.-W. On peut supposer que les inflexions antérieures ont été coupées par les lignes disjonctives, dont l'allure est plus simple, et que *certaines lignes disjonctives peuvent localement jouer le rôle de directrices quand un plissement posthume se produit.*

Quelque singulière que cette conjecture puisse paraître, on ne doit pas oublier cependant que, dans l'amphithéâtre d'Irkoustsk par exemple, la bordure archéenne exerce une influence analogue sur l'allure des plis marginaux.

Les choses changent dès que, à l'Ouest du Liao-ho, on quitte les régions plissées du littoral et de la Mandchourie pour pénétrer dans le Plateau du Nord-Est de la Chine. Là se présentent non seulement des cassures, mais aussi des lignes analogues à des flexures, accidents inconnus dans les chaînes plissées, où ils seraient d'ailleurs difficiles à mettre en évidence. Les roches éruptives récentes manquent le long des accidents du Chan-si. Mais ces accidents du plateau n'affectent pas seulement une disposition qui correspond à celle des directrices de la région plissée, on les voit aussi s'infléchir d'une façon tout à fait analogue du S.S.W. à l'W.S.W. ou à l'W. (I-wou-lu-Chan et Houng-Chan, Taï-hang-Chan), *avec la même convexité au Sud Est que les plis dessinent dans la région plissée* (partie septentrionale du Grand Khingan, Nord de Sakhalin, Sud des Monts Aldan, lac Khanka); et là les mouvements sont peut-être indiqués, dans certains cas, par le passage d'une cassure à une côte à rias (de la Baie de Saint-Vladimir à Vladivostok). Mais les plis incurvés peuvent aussi être coupés par des cassures, comme cela ressort de l'examen des complications précédemment signalées en Mandchourie.

En approchant de l'Océan Pacifique apparaissent des dépôts mésozoïques marins. Le Trias de l'Oussouri, les couches à *Pseudomonotis ochotica*, le Jurassique moyen de la côte d'Okhotsk, les couches à Aucelles qui se montrent dans la vallée de l'Amour et les traces de l'étage volgien sont autant d'indices de communications avec le Nord. On reconnaît ensuite jusqu'à Sakhalin la transgression du Crétacé moyen, à laquelle on attribue en Europe et jusqu'au détroit de Tourgaï une origine méridionale.

En même temps, les dépôts à empreintes végétales nous apprennent que non seulement en Sibérie, mais aussi dans les plaines de l'Amour et de la Mandchourie, depuis une époque extrêmement reculée, dans certaines régions depuis l'époque carbonifère et ailleurs

depuis l'étage rhétien tout au moins, il a existé un vaste continent, souvent recouvert de nappes d'eau douce d'une prodigieuse étendue.

C'est la partie orientale du Continent de l'Angara. On y voit de nombreuses lignes de dislocation dont la lèvre orientale est affaissée. Au cours des âges, le domaine des terres émergées ne s'en est pas moins agrandi progressivement vers l'Est, sans quoi ces dépôts marins mésozoïques ne seraient pas visibles. Cette circonstance doit s'expliquer en partie par les plissements ultérieurs, mais surtout par ce fait qu'en d'autres régions du globe, des affaissements beaucoup plus importants survenaient dans le domaine des océans.

Dans cette partie de la Terre, l'occasion exceptionnelle nous est offerte de constater avec quelque certitude la permanence d'un continent. Pendant toute la durée des temps auxquels les sédiments fossilifères de notre planète correspondent, l'arbre généalogique de la Vie n'a jamais été brisé, mais selon toute apparence, le développement n'a pas procédé d'une façon uniforme et continue. Les transformations du milieu extérieur ont dû exercer une grande influence, notamment les changements réitérés subis par l'extension et le dessin des mers. Les habitants de la terre ferme et des eaux douces se comportent en pareil cas tout autrement que ceux de la mer. Pour ces êtres, la continuité de l'arbre généalogique suppose en même temps la continuité de certains asiles qui ne font jamais défaut aux organismes marins. La généralisation exagérée de cette thèse juste par elle-même, rapprochée de la grande profondeur des mers, a conduit à la doctrine de la permanence générale des continents et des océans, doctrine que la nature ne confirme pas sur une pareille échelle. Mais de fait, le continent de l'Angara nous représente une portion étendue de la surface du globe qui a dû, depuis une époque très reculée, servir de refuge aux animaux terrestres et aux animaux d'eau douce, et d'où, selon les circonstances, de nouvelles colonies pouvaient rayonner dans toutes les directions, comme dans l'île paradisiaque de Linné.

Le continent de l'Angara n'est pas la seule région de ce genre.

CHAPITRE V

L'ALTAÏ ET LES ALTAÏDES

1. La plaine de Tomsk. — 2. Alataou de Kouznetsk et Salaïr. — 3. Déviation de l'Altaï. — 4. La Steppe des Kirghiz. — 5. Tien-Chan. — 6. Beï-Chan. — 7. San-sian-tsy. — 8. Loun-Chan. — 9. Pied nord du Nan-Chan. — 10. Limite occidentale du Nan-Chan. — 11. Raccordement du Nan-Chan et des Montagnes de Yarkend. — 12. Les Altaïdes.

1. La plaine de Tomsk. — La plaine ondulée qui s'étend à l'Est et surtout au Sud de la ville de Tomsk est fort importante à considérer pour l'intelligence de l'Altaï. Plusieurs circonstances ont concouru à faire de cette région, que rien de particulier ne distingue dans le relief du sol et qui est recouverte de marécages et de forêts vierges presque continues, l'une des parties les mieux connues de la Sibérie. Il y a eu d'abord les précieuses études locales du professeur Saïtzev, de Tomsk, puis les travaux provoqués par la construction du chemin de fer transsibérien, qui traverse cette région, et le début du levé spécial de l'Altaï, exécuté pour le compte des domaines de la Couronne ; en même temps que toutes ces entreprises, la découverte de gisements de houille exploitable est venue multiplier les sondages et les coupes artificielles.

La somme des résultats actuellement acquis nous apprend que *sous la plaine située à l'Est et au Sud de Tomsk, les extrémités de trois chaînes de montagnes viennent se rencontrer en convergeant.* La première de ces chaînes arrive du S.W. et occupe le Nord-Ouest et le Nord du pays ; nous l'appellerons provisoirement *chaîne de Kolyvan.* La chaîne médiane vient du S.S.E. et porte plus au Sud le nom de *Salaïr.* La troisième chaîne, celle de l'Est, presque paral-

lèle à la chaîne médiane, est l'*Alataou de Kouznetsk*. Cette dernière forme la limite du côté de Minoussinsk[1].

Après avoir franchi la Steppe de Baraba en passant par Omsk et Kaïnsk, on atteint sur la rive droite de l'Ob, en amont et en aval de Kolyvan, les roches anciennes. Au confluent de l'Inya, près du chemin de fer, ce sont des couches fortement redressées de schiste et de grès, dirigées N.E., avec filons de granite. Ce granite forme également une île dans le lit de l'Ob. Derjavin a observé des roches analogues jusqu'auprès de Gouseletova, en amont du confluent de la Berda, et Saïtzev a retrouvé le granite bien plus bas, près de Krouglikov, de sorte que ces terrains, toujours caractérisés par la direction N.E. ou N.N.E., sont connus le long de l'Ob sur une distance de plus de 150 verstes. D'après Derjavin, le granite est postérieur aux schistes et aux grès, et entouré d'une auréole de contact[2].

Le granite disparaît ; des roches dévoniennes prolongent la direction de ses affleurements sous la plaine jusqu'au delà de Tomsk ; elles sont en outre visibles à l'Est de cette ville.

Telle est la chaîne de Kolyvan. Bien qu'elle ne se présente à peu près nulle part à l'état de ligne de hauteurs, elle fait néanmoins partie d'un élément tectonique important. C'est ce que montre sa largeur, la constance de sa direction, qui est si spéciale, enfin l'allure très redressée de ses plis. Au N.N.E., au delà de Tomsk, elle disparaît comme on l'a vu sous la plaine septentrionale ; au S.S.W., elle est en partie coupée obliquement par l'Ob, puis elle disparaît d'une manière analogue sous la partie septentrionale de la Steppe de Barnaoul. Derjavin, il est vrai, a exprimé l'hypothèse que les collines adjacentes de la Steppe de Baraba, sur la rive ouest de l'Ob, doivent posséder également un substratum de terrains anciens ; ce géologue voit dans le parallélisme frappant de

1. On obtiendra une image complète de cette région en juxtaposant la *Carte géologique du district de l'Altaï* [territoire compris entre l'Ob et la basse vallée du Tom], dressée sous la direction de A. Inostranzew et jointe aux *Travaux de la Section géologique du Cabinet de Sa Majesté*, III, St-Pétersbourg, 1898, et la *Carte géologique des districts de Tomsk et de Mariinsk* par A. Krasnopolsky (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, XIV, 1898), qui est à la même échelle.

2. A. Derjavine, *Observations géologiques faites sur le terrain traversé par la ligne du chemin de fer, entre l'Ob et le Tom*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, I, 1896, p. 83 et suiv., carte II); A. Zaïzew, *Recherches géologiques dans les bassins du Tom et de l'Ob*, r. f. (Ibid., V, 1896, p. 95 et suiv.; carte d'ensemble, p. 97); H. de Peetz, *Recherches géologiques dans la partie sud-ouest de la 14e feuille du VII zone de la carte générale du gouvernement Tomsk*, r. f. (Travaux Section géol. Cabinet de S. M., I, livr. 3, 1896, p. 97-197). Voir surtout A. Derjawine, *Description géologique des feuilles Kolywane et Berskoïe*, r. f. (Ibid., III, livr. 1, 1898, p. 1-30).

tous les cours d'eau situés à gauche de l'Ob, en aval de Barnaoul, un indice du prolongement souterrain de cette chaîne[1]. Je n'ai pas d'opinion sur la cause qui a bien pu déterminer la direction de ces cours d'eau superficiels; mais il y a lieu de noter dès à présent qu'en fait, le prolongement probable de la chaîne de Kolyvan se retrouve au delà de l'Irtych, dans les montagnes de la Steppe des Kirghiz.

Au Sud, au delà de l'Inya, la chaîne de Kolyvan projette une large coupole de porphyre, le Mont Bougachak, et un peu plus à l'Est encore se trouve un bassin allongé et complètement écrasé de calcaire carbonifère et de terrain houiller, le *bassin houiller de l'Elbach*, situé tout près de la limite du Salaïr. Inostranzev l'a décrit; il affecte la direction N.N.E.; la houille, à l'état d'anthracite, est en bancs presque verticaux. La route postale de Tomsk à Barnaoul suit la bordure orientale du bassin. Dans la zone limitrophe du Salaïr, sur la route postale, au Sud de la rivière Berd, affleurent des roches ayant subi un métamorphisme dynamique[2].

En ce qui concerne l'extrémité septentrionale du Salaïr, les travaux de Derjavin et d'Inostranzev ont fait connaître des circonstances inattendues. Cette branche puissante de l'Altaï, après avoir diminué de hauteur vers le Nord, se termine brusquement, au Sud du 55° de lat. N., par une longue falaise transversale, haute d'une centaine de mètres, qui porte le nom de *Tyrgan*. La chaîne est formée en majeure partie de couches appartenant probablement au Dévonien inférieur, auxquelles sont associées de nombreuses bandes de diabase; au Tyrgan affleure du granite[3].

Le groupe occidental du Salaïr forme, comme on l'a vu, du côté de la chaîne de Kolyvan, le bassin houiller de l'Elbach, qui s'aligne N.N.E. A l'Est et au Nord-Est s'adossent au Dévonien inférieur probable du Salaïr des horizons dévoniens plus récents, puis le

1. A. Derjawine, Travaux Section géol. Cabinet de S. M., III, 1898, p. 22. Les fossiles trouvés près de Tomsk appartiennent au Dévonien.

2. A. Inostranzew, *Description géologique de la partie nord-ouest de la... feuille Mosty*, r. f. (Travaux Section géol. Cabinet de S. M., II, livr. 3, 1898, p. 1-117); voir notamment p. 16 et 18.

3. Derjavin, *Recherches géologiques dans le bassin du Tom*, r. (Gornyi Journal, II, 1893, p. 110 et suiv.), et *Observations géologiques faites sur le terrain traversé par la ligne du chemin de fer, entre l'Ob et le Tom*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, I, 1896, p. 75 et suiv.); A. Inostranzew, *Description géologique de la partie nord-ouest de la... feuille Mosty*, r. f. (Travaux Section géol. Cabinet de S. M., II, livr. 3, 1898, en particulier p. 5 et suiv.). Voir aussi B. von Cotta, *Der Altai, sein geologischer Bau und seine Erzlagerstätten*, in-8°, Leipzig, 1871, pl. I: carte (se rapporte au Salaïr septentrional), et Nesterowsky, *Description géologique de la partie nord-est de la chaîne de Salaïr, en Altaï* (Annales Soc. Géol. de Belgique, Liège, II, 1875, p. 12-33, pl. I, carte).

calcaire carbonifère, auquel succèdent les étages inférieurs du grand bassin houiller de Kouznetsk. Toute cette série de terrains passe peu à peu de la direction N.N.W. à la direction N.W. et W.N.W. et entoure le bord septentrional du Salaïr. Comme l'existence du Carbonifère a été également reconnue au-dessous de la plaine au Nord du Salaïr, à Novo-Isylinskaïa, il est évident que le Salaïr est limité du côté du Nord par une diramation du bassin de Kouznetsk se dirigeant vers l'extrémité septentrionale du bassin de l'Elbach, et que les deux bassins houillers se rejoignent au Nord du Salaïr [1].

Il résulte de cette disposition qu'au Nord, la chaîne de Kolyvan arrive au voisinage immédiat de l'Alataou de Kouznetsk.

Autrefois, on admettait que le grand bassin houiller de Kouznetsk, dont il vient d'être question, bassin compris entre le Salaïr et l'Alataou de Kouznetsk, se terminait du côté du Nord à Balakhonka, sur le Tom (55° 32′ de lat. N.). Mais, de même qu'il possède un prolongement au Nord-Ouest à l'extrémité septentrionale du Salaïr, les recherches de houille pratiquées dans le bassin du Masatovskii Kitat ont montré qu'une bande longue et étroite le prolonge dans la direction du Nord entre le Tom et l'Inya, jusqu'au delà du chemin de fer. Cet étroit synclinal, accompagné sur sa bordure sud-est par du calcaire carbonifère, indique sous la plaine la véritable limite entre la chaîne de Kolyvan et l'Alataou de Kouznetsk [2].

La partie tout à fait septentrionale de l'*Alataou de Kouznetsk* n'est visible, au Nord de la voie ferrée, qu'à l'état de faibles vestiges. Cette chaîne disparaît presque complètement avant d'atteindre la ligne, et l'on n'en voit le long du Transsibérien que la moitié occidentale, correspondant à la série des couches qui, à partir du Dévonien inférieur, s'inclinent vers l'Ouest dans la direction des assises houillères de Kouznetsk. De cette façon, le Dévonien encore visible à l'Est de Tomsk appartient à peu près exclusivement à la chaîne de Kolyvan.

Nous sommes arrivés au 86° de long. E., au delà de 56° 30′ de lat. N. Plus au Nord, on ne connaît jusqu'à présent que plaines,

1. Cette inflexion autour de l'extrémité du Salaïr et l'avancée des dépôts carbonifères de Kouznetsk sont décrites en détail par B. Polenow, *Description géologique de la partie nord-est... de la feuille Koltchougina*, r. f. (Travaux Section géol. Cabinet de S. M., II, livr. 2, 1897, p. 98-130).

2. A. Krasnopolsky, *Recherches géologiques dans la Sibérie Occidentale en 1896*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, IX, 1898, p. 58-73), et Yaworovsky, *Explorations des gisements de houille près de Soudjenka en 1896*, r. f. (Ibid., p. 85-108, carte); A. Krasnopolsky, *Explorations géologiques et recherches de houille dans les arrondissements de Mariinsk et de Tomsk*, r. f. (Ibid., XIV, 1898, p. 1-96, carte).

marais et forêts vierges. Mais les unités que nous avons pu distinguer jusque-là sont : 1° la chaîne de Kolyvan ; 2° le bassin houiller de l'Elbach, qu'on doit regarder comme un synclinal écrasé contre le versant oriental de la chaîne de Kolyvan; 3° le Salaïr, qui s'arrête trop tôt, en permettant la jonction autour de son extrémité septentrionale du synclinal de l'Elbach avec le terme suivant; 4° le bassin houiller de Kouznetsk, formant le second synclinal; 5° enfin, à l'Est de ce synclinal, l'Alataou de Kouznetsk.

2. Alataou de Kouznetsk et Salaïr. — L'Alataou de Kouznetsk est constitué comme le Salaïr, au centre par des roches modifiées que l'on attribue au Dévonien inférieur, puis des deux côtés par des zones de couches dévoniennes plus récentes et de calcaire carbonifère. Sur plusieurs points affleure du granite; dans le Dévonien inférieur, on voit de longues et puissantes bandes de diabase. Tchihatcheff considérait avec raison cette chaîne de montagnes comme la limite nord-est de l'Altaï. Au Nord, ses terrains s'orientent N.N.W. Vers Blago-Nadejni, leur direction est encore 325 à 330° N.N.W., et d'après le même observateur, un peu à l'Est des sources du Grand Youss (Oussa, affluent de droite du Tom), la chaîne se replie vers le S.S.W., ainsi que les couches qui la constituent, pour se relier aux montagnes de Téletzkoïé[1].

D'après cela, l'allure de l'Alataou de Kouznetsk n'est pas rectiligne, mais cette chaîne forme un arc légèrement convexe vers l'Est. Ainsi s'explique le fait que Tchihatcheff rattache à l'Alataou de Kouznetsk toutes les hautes chaînes courant au S.S.W. ou plus ou moins parallèles au méridien entre 89° et 90° de long. E., comme les Monts de l'Abakan, puis les montagnes de la frontière, qui s'étendent jusqu'au delà du 50e degré de latitude.

Là d'ailleurs, au Sud-Est, il se produit sans doute une nouvelle déviation, tandis que la forme des chaînons est influencée par de nombreux pointements intrusifs de granite, de syénite et de diorite. Les observations faites par Malevsky au cours de son voyage le long de la frontière, entre la haute Boukhtarma, par 87° de long. E., et la latitude du lac de Téletzkoïé à peu près, montrent que dans cette haute chaîne, qui semble courir d'abord vers l'Est, puis vers le Nord, les roches schisteuses se dirigent presque constamment au N.E., en dépit de cette inflexion apparente et de

1. P. de Tchihatcheff, *Voyage scientifique dans l'Altaï oriental et les parties adjacentes de la frontière de Chine*. In-4°, Paris, 1845, Atlas, p. 324, 403.

la façon dont sont distribuées les cimes neigeuses des « goltzi »[1].

De même au delà des sources du Tchoulichman, en territoire Mongol (50° 18′ de lat. N.), où le Kendyk-Poup (« Mont du Nombril ») s'élève au milieu du lac Kendykty (8 200 p. [2 500 m.]) et où le Boukom-Béré s'écoule vers l'Atjit-Nor au Sud-Est, Adrianov a vu des micaschistes verticaux dirigés 260°[2].

L'Alataou de Kouznetsk doit atteindre les Monts de Gorbou, sur le versant Est du lac de Téletzkoïé; s'il en est ainsi, le Saïliougem et la chaîne-frontière précitée représenteraient des segments un peu plus externes de l'arc. En tout cas, l'inflexion subséquente de l'ensemble de ces chaînons dans la région des sources du Tchoulichman, de la Bachka-Oussa et de la Tchouïa demeure un fait important pour la structure de l'Altaï.

La distance entre l'extrémité septentrionale des contreforts de l'Alataou de Kouznestk, dans la plaine au Sud-Est de Tomsk, et le point de la région montagneuse, au Sud-Est du lac de Téletzkoïé, où le cours moyen du Tchoulichman recoupe suivant toute probabilité le prolongement de cette chaîne de montagnes est de cinq

1. Malevsky, *Rapport sur une excursion le long de la frontière sud-est des montagnes de l'Altaï en 1869*, r. (Gornyi Journal, 1870, II, p. 72-95, carte géol.). P. 78 : au-dessus d'Oussoun Tabata (haute Boukhtarma), schistes amphiboliques, dir. N.E.; — p. 79 : le poteau chinois de Tchimdagatna est sur le granite, le grand goletz du voisinage est formé de diorite; sur la ligne de partage de la Boukhtarma, on trouve des schistes foncés ressemblant à de la diorite, et aussi des micaschistes et des schistes argileux et chloriteux plongeant N.N.E. 77° (= dir. E.S.E.); — p. 83 : avant-monts de la crête de Kourtchoum, schistes siliceux, dir. N.E.; — p. 84 : les schistes se dirigent N. et N.E.; source de l'Oikhor, borne-frontière chinoise de Souak Oulan-doba (2 828 m., à l'E. de 88° de long. E); — p. 85 : diorite et schistes dioritiques, avec porphyre; poteau-frontière de Tsogan-borgasou, schiste argileux, calcaire, roches feldspathiques; dir. du schiste, N.; c'est de là que part la route de Kobdo et Ouliassoutaï; — p. 85 : poteau de Souok (à l'E. de 89° de long. E.), diorite et schistes dioritiques, avec schistes argileux, généralement verticaux, dir. N.E.; — p. 87 : poteau du Kak-Nor (2 520 m.; en ce point, la chaîne tourne au-dessus de la Steppe de la Tchouïa vers le N. et prend le nom de Saïliougem ou extrémité occidentale du Saïan), schistes alternant avec des roches dioritiques, dir. E.; porphyre sur le chemin du poteau. — Les indications suivantes, p. 88, paraissent se rapporter aux dépôts plus récents, carbonifères, de la haute Tchouïa, et nous les laisserons de côté; — p. 89, poteau de Karagouïa (au N. de 50° de lat. N. et à l'Ouest de la rivière Boukombéré, déjà mentionnée), schistes noirs, dir. N.E. Les cimes du Saïliougem sont formées de granite et de syénite, les deux versants de schistes. Les environs du lac Diouvan-Koul, où le massif se rapproche le plus du Tannou-Ola, sont formés de granite et de syénite; de ce lac sort le Tchoulichman; — p. 93 : en se rapprochant de la Tchoultcha, schistes argileux noirs et verts, dir. N.E. Syénite sur la ligne de partage du Karasoulouk. Vers le lac Kara-Koul, diorite, de même au col Sour-Daban, qui franchit la ligne de partage de l'Abakan; — p. 94 : les maigres affleurements visibles le long des cours d'eau qui descendent à la Tchoultcha montrent des schistes affectés de plis très aigus, dir. S.E. — Pour un tableau orographique des montagnes de la frontière, voir E. Chmourlo, *Les cols montagneux de l'Altaï méridional*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXIV, 1898, p. 590-601).

2. A. V. Adrianov, *Voyage à l'Altaï et au Saïan, fait en 1881*, r. (Zapiski Soc. Imp. Russe de Géogr., XI, 1888, p. 222).

degrés de latitude; les poteaux méridionaux de la frontière sont à une distance de deux degrés de plus.

Revenons vers le Nord.

Au flanc occidental de l'Alataou de Kouznetsk s'adosse le

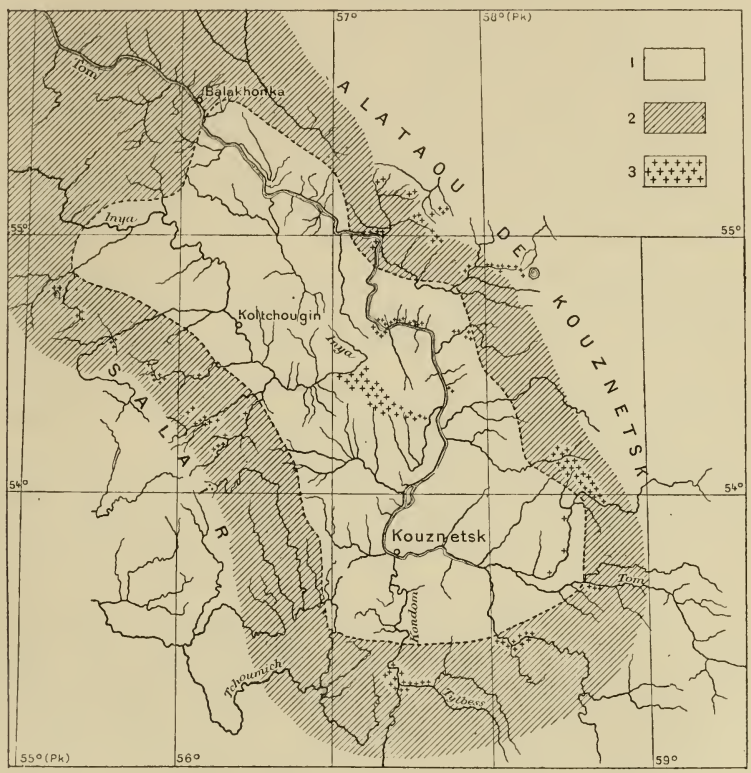


Fig. 18. — Le bassin houiller de Kouznetsk, d'après Derjavin (Explor. géol. Chemin de fer de Sibérie, livr. I, 1896, p. 102, pl. III).

1. Terrain houiller; 2. Carbonifère inférieur et Dévonien; 3. Roches éruptives (granite, porphyre, diabase, mélaphyre). — Échelle de 1 : 750000.

bassin houiller, déjà mentionné, de Kouznetsk (fig. 18). Grâce aux travaux de Bogdanov, Derjavin, Vénukov, etc., c'est la partie septentrionale de ce bassin qui est la mieux connue [1]. En faisant

1. La bibliographie est très étendue; il suffira de citer : D. I. Bogdanov, *Esquisse géologique de la partie sud-ouest du bassin carbonifère de Kouznetsk*, r. (Verhandl. Russisch-k. Mineralog. Ges., 2. Ser., XVIII, 1883, p. 149-204, pl. IX-XII. dont 1 carte géol.); P. N. Vénukoff, *Les dépôts carbonifères du bassin de Kousnetsk*, r. f. (Trav. Section géol. Cabinet de S. M., I, livr. 2, 1895, p. 55-87); A. Derjavine, *Sur le bassin houiller de Kouznetsk*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, I, 1896, p. 91-101, pl. III : carte montrant la configuration du bassin). [Voir aussi B. Polénoff, *Description géologique des feuilles Borissovo et Béresovka*, r. f. (Trav. section géol. Cabinet de S. M., III, livr. 2, 1901, p. 133-338).]

abstraction de ses étroits prolongements vers le Nord et le Nord-Ouest, le grand axe de la région productive, entre Balakhonka et l'extrémité sud du bassin, mesure environ 240 verstes, sur une largeur de 80 à 100 verstes. Toutes les couches sont concordantes. Au-dessus du calcaire carbonifère, Derjavin signale quelques traces du Culm, puis viennent les couches de houille, qui sont presque toujours fortement inclinées. D'après les récentes recherches de Zeiller, la flore monte jusqu'à un niveau qui est l'équivalent chronologique du Gondwana inférieur[1].

A l'Ouest du bassin, il se produit sur une assez grande distance un renversement de la bordure du Salaïr, de sorte que les couches de houille plongent vers l'Ouest, sous le calcaire carbonifère. Puis vient, en s'avançant vers le centre de la cuvette, un grand synclinal, suivi plus à l'Est, en allant vers l'Alataou de Kouznetsk, par un anticlinal. Sur la bordure orientale extrême, on revoit des couches à peu près verticales. En ce sens, l'expression de « bassin » n'est donc pas rigoureusement exacte. Au centre affleurent en outre des massifs considérables de mélaphyre.

A partir de Kouznetsk, la rivière Tom traverse le bassin dans toute sa longueur, mais son lit est plus rapproché du bord oriental. A Kouznetsk, le Tom reçoit un affluent important, le Kondom, qui vient du S. et du S.S.W. Sur les rives du Kondom, on voit comment le bassin se ferme vers le Sud. Inostranzev a fait sur ses affluents de droite, le Tylbess et le Moundibach, des observations intéressantes. En aval d'Aïl, sur le Kondom, affleure d'abord, au-dessous des couches de houille, le calcaire carbonifère. Les termes suivants de la série inférieure sont modifiés par des masses intrusives de porphyre et de porphyrite. Il y a des roches à épidote, grenat et fer magnétique, formant une bande orientée N.N.E.-S.S.W. On constate en outre qu'il y a production de laccolithes[2].

En suivant la région limite entre le Salaïr et l'Alataou de Kouznetsk, nous arrivons au voisinage de la rivière Biya, qui sort du lac de Téletzkoïé. Il y a longtemps déjà, un observateur sagace, Helmersen, remarquait que *les montagnes que la Biya traverse entre ce lac et le coude de Sandipskoïé sont le prolongement du Salaïr*[3].

1. Toute la bibliographie est indiquée dans B. K. Polénov, *Les idées nouvelles sur l'âge du bassin houiller de Kouznetsk*, r. (Travaux Soc. Naturalistes St-Pétersbourg, XXVII, 1896, livr. 1, C. R. des séances, p. 283-293).

2. A. A. Inostranzeff, *Excursions géologiques dans le district d'Altaï en 1894*, r. f. (Travaux Section géol. Cabinet de S. M., I, livr. 2, 1895, p. 1 et suiv.).

3. G. von Helmersen, *Reise nach dem Altai, im Jahre 1834 ausgeführt* (Baer und Helmersen, Beiträge zur Kenntniss des Russischen Reiches, XIV, 1848, p. 48 et 109).

Comme Helmersen savait que plus à l'Ouest règne la direction E.-W., il fut très surpris de constater que la branche la plus courte du crochet représenté par le lac de Téletzkoïé, la branche du Nord, est seule une vallée transversale, tandis que la direction de la branche la plus longue, qui est parallèle au méridien, ne diffère que fort peu de celles des couches. Dans la partie septentrionale du lac, il trouva pour les schistes argileux d'abord une direction S.W. et une inclinaison très forte, passant souvent à la verticale; puis, tout le long de la rive orientale, et en particulier sur les pentes des Monts Gorbou, une direction S.S.W.; sur la rive occidentale, la direction se rapproche encore davantage de celle du méridien[1].

Les vues de Tchihatcheff sur la direction de l'Alataou de Kouznetsk et celles de Helmersen sur le prolongement méridional du Salaïr sont en parfait accord.

Ces deux chaînes de montagnes se dirigent dans leur partie septentrionale vers le S.S.E., et sont séparées par le basssin houiller; puis, sous la latitude de Kouznetsk environ, leur direction se recourbe graduellement vers le S.S.W. tandis que le bassin houiller se relève. Dans les montagnes méridionales voisines de la frontière, la déviation au S.W. achève de se dessiner.

3. Déviation de l'Altaï. — La déviation du Salaïr et de l'Alataou de Kouznetsk, de même que la direction constante au N.E. qui a été observée dans les montagnes de la frontière, représentent le début d'une inflexion en arc de cercle qui règne dans tout le centre orographique et en même temps dans la région culminante de l'Altaï.

Remarquons d'abord que dans ce massif suprême, de même que dans tout l'Ouest de l'Altaï jusqu'au delà de l'Irtych, contrairement à ce qui se passe pour la plupart des chaînes plissées de haut relief, on ne connaît pas de bande gneissique de quelque étendue, et que, d'une façon générale, le gneiss n'y est signalé que rarement et sous forme d'affleurements locaux. On y rencontre une prodigieuse abondance de roches schisteuses, des micaschistes, des schistes chloriteux et argileux, contenant parfois des bancs calcaires, et dans les horizons plus élevés, en une foule d'endroits, des fossiles du Dévonien et du Carbonifère inférieur. Comme dans le Salaïr et dans l'Alataou, ces schistes sont percés

1. G. von Helmersen, *Reise nach dem Altai*, etc. p. 59, 95 et suiv., carte.

par des culots de granite, de syénite, de porphyre ou de diorite et par des filons de ces roches. Un grand nombre des gîtes métallifères fameux de l'Altaï sont situés dans leurs auréoles de contact. D'autre part, on ne retrouve pas les basaltes du faîte primitif. Les massifs intrusifs en question paraissent souvent former les « goltzi », mais il est loin d'en être toujours de la sorte, et le consciencieux Gebler déclare formellement qu'on ne trouve point de granite dans les moraines du glacier de la Biéloukha, mais seulement des chloritoschistes[1].

L'ancienne carte de Gebler représente fort bien l'allure arquée de la chaîne, et cette allure coïncide avec celle des terrains. Du côté de l'Est, en partant de la haute plaine de la Tchouïa, on voit se dresser entre le Yassater et la Topolevka le chaînon du Jik-tou, dont les couches fortement relevées s'alignent E.N.E.-W.S.W. Il est ensuite coupé par l'Argout, et c'est à l'Ouest de ce cours d'eau que se trouvent la Biéloukha et le sommet de l'arc. D'après Sapojnikov, les cimes du Jik-tou atteignent 4000 à 4200 mètres, et celles de la Biéloukha 4400 et 4540 mètres[2]. Dans l'espace compris entre le Katoun et le confluent du Koksou et de l'Argout, la direction de la chaîne est devenue d'abord N.W., puis N.N.W.

Helmersen insiste également sur cette structure en arc de cercle. A ses yeux, la Boukhtarma représente une première vallée longitudinale curviligne. Tandis que Malevsky a trouvé encore sur la haute Boukhtarma, près d'Oulan-Dabassou, la direction N.E., Helmersen signale déjà sur son cours moyen la direction N.W. Au Nord de la Boukhtarma s'élèvent, comme tronçon occidental d'un premier arc, les Monts Kholsoun. Ensuite vient un grand sillon curviligne dont les éléments successifs sont figurés par les vallées du haut Katoun, du Koksou et du Yassater, puis, au Nord de ce sillon, on trouve l'arc culminant des Monts du Katoun, dont nous avons déjà parlé, avec la Biéloukha[3].

1. Fr. Gebler, *Uebersicht des Katunischen Gebirges, der höchsten Spitze des Russischen Altai* (Mém. Savants étrangers Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, III, 1837, p. 455-560, carte; voir notamment p. 509). Sur l'aspect pittoresque des « goltzi » du haut Altaï, voir les descriptions du botaniste V. V. Sapojnikov, *Dans l'Altaï, journal d'un voyage fait en 1895*, r., in-8°, Tomsk, 1897, avec 3 cartes et 40 photogr.; comparer avec J. C. Branner, *Results of the Branner-Agassiz Expedition to Brazil, IV. Two Characteristic geologic Sections on the North-east Coast of Brazil* (Proc. Washington Acad. Sc., II, 1900), p. 191, pl. X : « An exfoliated peak of Quartz-Monzonite at Sete de Setembro, Rio Mucury. »

2. V. V. Sapojnikov, Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXV, 1899, p. 508.

3. G. von Helmersen, *Reise nach dem Altai*, etc., p. 179 et suiv.

Il semble que le cours moyen du Katoun, d'Ouïmon à son confluent avec l'Argout, corresponde également à une vallée longitudinale du même genre, et que les Monts Terektaïskii représentent un tronçon d'un troisième arc. Néanmoins, comme me l'apprend M. Klémentz, la direction N.N.W. ou N.N.E. règne dans la plus grande partie de la vallée de la Tchouïa; les montagnes du pourtour du lac de Téletzkoïé, qui sont le prolongement du Salaïr et de l'Alataou, doivent donc conserver jusque-là leur direction.

Le Jik-tou s'appelle dans l'ouvrage de Tchihatcheff « Chaîne des Monts Arhhyte. » Ce n'est pas sans raison que cet observateur a comparé les longs rameaux de l'Altaï à la Sierra Nevada d'Espagne, dont la croupe large et monotone est exclusivement constituée par des schistes[1].

Helmersen, en partant d'Ouïmon, près de la jonction du Koksou et du haut Katoun, a gravi la haute chaîne du Katoun et a parcouru son versant ouest et sud-ouest jusqu'au voisinage des sources du Katoun et du glacier de la Biéloukha, en se maintenant à une altitude considérable. Pendant la montée, il trouva des chloritoschistes et un peu de serpentine, puis, en plusieurs endroits, du granite, de la syénite et aussi du gabbro; dans l'ensemble, cependant, les schistes dominent, et la descente vers le haut Katoun, de même que la traversée de la partie méridionale des Monts Kholsoun, eut lieu entièrement dans des schistes argileux [2].

Chtchourovsky, en compagnie de Gebler, a franchi les crêtes du Kholsoun septentrional. Ici encore, la chaîne est formée en majeure partie de schistes argileux. Un massif granitique y fait saillie entre l'Ouba Noire et l'Ouba Blanche et s'étend jusqu'aux sources du Tourgoussoun. Des filons de porphyre traversent les schistes dans plusieurs localités, et vers l'origine du Koksou (Petit Koksou),

1. La nomenclature des montagnes est très confuse, en particulier dans les ouvrages anciens. La carte de l'État-major Russe désigne sous le nom de Khrébet Saliougem, et, plus au Nord, de Saliougem, tout le massif formant la frontière à partir du 88° de long. E., autour des sources de la Tchouïa, et, vers le Nord, jusqu'au 52° de lat. N.; j'ai adopté cette manière de voir. Gebler et Bunge réservent le même nom à une région plus restreinte et qui, en partie du moins, est différente : ils donnent le nom mongol de « Sailûghem » à une chaîne d'altitude médiocre, dirigée S.W.-N.E., et qui, outre les sources de la Tchouïa, comprend celles de la Bachka-Oussa: les moutagnes situées plus au Nord, et où se trouvent les sources du Tchoulichman, sont appelées par ces auteurs « Altüm-tu ». Dans l'ouvrage de Tchihatcheff, le coude des montagnes qui entourent les sources de la Tchouïa s'appelle « Chaîne d'Irène Karagai » et son prolongement au N.N.E. « Chaîne de Toungoun-Taïga »; par contre, le nom de « Monts de Sailouguème » est attribué à un petit chaînon situé au Nord de la haute Tchouïa.

2. G. von Helmersen, *Reise nach dem Altai*, etc., p. 162-176; Gebler a suivi le même itinéraire.

on trouve du porphyre en place. La cime la plus élevée du Kholsoun qui ait été gravie est constituée par du porphyre et de l'amygdaloïde, entourée de schistes argileux [1].

Si l'on s'éloigne des hautes montagnes vers le Nord, c'est-à-dire vers la Steppe de Barnaoul, ou vers l'Ouest, c'est-à-dire vers l'Irtych, on constate que les affleurements isolés de granite persistent; l'un des plus connus correspond aux colonnes rocheuses du lac de Kolyvan. En outre, des fossiles dévoniens et carbonifères inférieurs apparaissent dans les terrains stratifiés. Vers le Nord, ces terrains tendent à prendre une direction méridienne, tandis que vers l'Irtych la direction N.W. domine, en général.

Au Nord, près du bord de la steppe, au village de Routchen sur la Loktevka, où des couches carbonifères prennent part au plissement, Inostrantzev a trouvé dans des quartzites et des schistes chloriteux la direction N.-S. [2]. Nombreuses sont les indications de gisements de fossiles dévoniens sur le versant occidental, en allant vers l'Irtych, dans l'espace compris entre la basse Boukhtarma et l'Oulba, et même au delà [3].

En aval du confluent du Narym, sur une grande longueur, l'Irtych coupe la direction des schistes argileux sous un angle si aigu que sa vallée doit être considérée comme une vallée longitudinale. Là, au bord même de l'Irtych, le granite recouvre sur une étendue considérable des schistes argileux en couches fortement inclinées. Hermann, G. Rose, Humboldt, Helmersen, Cotta et d'autres observateurs ont signalé ce fait remarquable, qu'ils ont essayé d'expliquer tantôt par un glissement mécanique et tantôt par un épanchement. Bogdanov décrit avec détails une coupe longue de six verstes, le long de laquelle un granite blanc recouvre la surface irrégulière des schistes verticaux [4].

1. Grég. Chtchourovsky, *Voyage géologique dans l'Altaï*, r., in-8°, Moscou, 1846, atlas, p. 293-304.

2. A. Inostranzeff, *Excursions géologiques dans le district d'Altaï en 1894*, r. f. (Trav. Section géol. Cabinet de S. M., I, livr. 2, 1895, p. 30).

3. Tschernyschew a décrit récemment le Dévonien inférieur de la mine Kranïovskii, près Ridderskoïé, et montré une fois de plus que les sédiments dévoniens de l'Altaï ont les mêmes caractères que ceux de l'Europe; Th. Tschernyschew, *Materialien zur Kenntniss der devonischen Fauna des Altai's* (Verhandl. Russisch-k. Mineralog. Ges., 2. Ser., XXX, 1893, p. 1-38, pl. I-IV). On trouvera une liste des gisements dans G. von Peetz, *L'âge des schistes argileux de l'avant-poste de Verkhné-Oulbinsk dans l'Altaï*, r. (Trav. Soc. Naturalistes St-Pétersbourg, XXVIII, 1897, livr. 1, C. R. des séances, p. 82-89). [Voir aussi H. v. Peetz, *Beiträge zur Kenntniss der Fauna aus den devonischen Schichten am Rande des Steinkohlenbassins von Kusnetzk*, r. a. (Trav. Section géol. Cabinet de S. M., IV, 1901, p. 1-393, 6 pl., 1 carte).]

4. B. F. Hermann *(Beyträge zur Physik, Oekonomie, Mineralogie, etc., besonders der Russischen und angränzenden Länder*, in-8°, Berlin und Stettin, 1786-1788, III,

Les mêmes schistes argileux et chloriteux forment avec une direction N.W., à l'Ouest de l'Irtych, les montagnes de Kalbin.

Au Sud-Est, au delà des Monts du Narym, se trouve le lac *Marka-Koul* (1407 m.), profondément encaissé dans les montagnes, au pied du haut *Sary-Taou* et de ses contreforts. D'après Struve et Potanin, le sommet du Sary-Taou (3268 m.) est un massif arrondi, accessible de tous les côtés, de granite avec filons de diorite. Une série de dépressions jalonnent la limite du culot de granite et des hautes montagnes adjacentes, qui sont formées de schistes verts. Sur les bords du lac, ces schistes affectent la direction N.W. [1].

D'après cela, il est permis de supposer que le Sary-Taou appartient encore à l'Altaï, et probablement à la partie occidentale de l'arc méridional, lequel est très peu connu.

L'Altaï Russe diffère complètement de l'ancien faîte. C'est ce que montre avec évidence l'allure de l'Alataou de Kouznetsk, orienté perpendiculairement à la direction maîtresse de la moitié occidentale du faîte, et la pénétration d'un certain nombre d'avant-chaînes autonomes dans le domaine intermédiaire de Minoussinsk,

L'Altaï Russe se distingue de l'Altaï Mongol par son inflexion et aussi par sa constitution. Des schistes très épais, en partie paléozoïques, y dominent; au contraire l'Altaï Mongol est principalement caractérisé par des gneiss, découpés en horsts et en longues fosses. Malheureusement, la limite entre les deux massifs est presque inconnue. Il est probable qu'il existe le long de la frontière mongole ou un prolongement tectonique du Kholsoun, ou un nouvel arc de l'Altaï Russe. Nous avons déjà vu que le Dévonien

p. 108) pensait que le granite avait été poussé *(« angeschoben »)* sur les schistes; G. Rose (*Mineralogisch-geognostische Reise nach dem Ural, dem Altai und dem Kaspischen Meer*, in-8°, Berlin, 1837-1842. I, p. 611) décrivit le premier les multiples pénétrations du granite dans les schistes, confirma la superposition du granite aux schistes et publia deux vues dessinées par A. de Humboldt. D'après Humboldt, le granite aurait coulé (« *ergossen* ») sur plus de 5000 m., en bancs presque horizontaux, sur les schistes argileux presque verticaux *(Fragmente zur Geologie und Klimatologie Asiens*, p. 3); G. von Helmersen *(Reise nach dem Altai, im Jahre 1834 ausgeführt;* Baer und Helmersen, Beiträge zur Kenntniss d. Russischen Reiches, XIV, 1848) regarde le granite comme une nappe d'épanchement; B. von Cotta *(Der Altai, sein geologischer Bau und seine Erzlagerstätten,* in-8°, Leipzig, 1871, p. 40 et suiv., fig. 10-12) a cru pouvoir expliquer cette coupe par une montée oblique du granite. On trouvera une description détaillée de cette partie des cours de l'Irtych, avec carte géologique, dans le mémoire de D. P. Bogdanov, *Les Montagnes de l'Irtych*, r. (Matériaux pour la Géol. de la Russie, XI, 1883, p. 143-166, pl. III).

1. K. Struve et G. Potanin, *Voyage au lac Zaissan et dans le bassin de l'Irtych Noir jusqu'au lac Marka-Koul et au Mont Sary-Taou*, r. (Zapiski Soc. Imp. Russe de Géogr., I, 1867, p. 363-427; voir notamment p. 414).

transgressif du Tannou-Ola et du Kharkira pénètre probablement jusque dans le bassin du haut Kobdo.

Il existe sur la haute Tchouïa des couches à empreintes végétales de la série de l'Angara [1]. Sur la Boukhtarma, on trouve aussi des lignites tertiaires [2].

4. La Steppe des Kirghiz. — Les Monts de Kalbin, qui suivent la rive gauche de l'Irtych jusque vers Oust-Kamennogorsk, font encore partie de l'Altaï, et les roches de l'Altaï affleurent encore beaucoup plus au Nord-Ouest sous la forme de collines isolées. Dans la ville même de Sémipalatinsk, l'Irtych met à nu des dépôts dévoniens, et de part et d'autre de sa large vallée jusqu'au delà de 51° 30′ Vissotzky a relevé les affleurements isolés de granite, de porphyre et de diabase, ou de Dévonien et de calcaire carbonifère qui se montrent sous les couches tertiaires anciennes d'origine marine ou sous une couverture de dépôts plus récents. La chaîne n'est pas coupée par une cassure, mais ses plis rasés disparaissent successivement sous la plaine[3].

Plus au Sud-Ouest, dans l'alignement du lac Zaïssan et au delà, on voit une longue chaîne courant au N.W., jalonnée par les collines Kandygataï (au Nord de la route Kokpekty-Sergiopol), Aldjan, Arkat et Ourdataou; elle atteint en deçà du 78° de long. E. le massif granitique et porphyrique du Degelen (921 m.), et vient ainsi se rattacher aux montagnes de la *Steppe des Kirghiz* (fig. 19).

A une plus grande distance encore au Sud-Ouest du lac Zaïssan s'élève la longue chaîne du Tarbagataï. Avec cette légère courbure vers le Sud qui est caractéristique pour les branches du Tien-Chan, le Tarbagataï court au N.W.; au delà de Sergiopol il a pour prolongement les Monts Djinghiz, et au delà de la ligne de partage entre l'Irtych et le Balkhach il se relie de même aux montagnes de la Steppe des Kirghiz. Le massif du Kouou, formé comme le Degelen de granite et de porphyre, paraît correspondre réellement à l'extrémité de la chaîne Tarbagataï-Djinghiz. Le Kouou et le

1. Malevsky, Gornyi Journal, 1870, II, p. 89.

2. J. Schmalhausen, *Ueber tertiäre Pflanzen aus dem Thale des Flusses Buchtorma am Fusse des Altaigebirges* (Palaeontographica, XXXIII, 1887, p. 181-216, pl. XVIII-XXII). La question de savoir si cette flore doit être regardée comme pliocène, ou comme la flore montagneuse d'une autre époque de l'ère tertiaire, n'est pas résolue.

3. N. Wyssotzky, *Recherches géologiques dans la steppe Kirghise et sur l'Irtych*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, I, 1896, p. 21-33, pl. I : carte géol.) [Voir ci-après, p. 476.]

Degelen sont reliés par la croupe dévonienne du Mourdjik, s'orientant de même au N.W.

De longues croupes de quartzite dévonien inférieur, entre lesquelles s'étalent des synclinaux de couches dévoniennes plus récentes et de calcaire carbonifère, des « ballons » granitiques arrondis et des rochers de porphyre sillonnent le pays, et quelques crêtes dominent d'un millier de mètres la contrée environnante. On

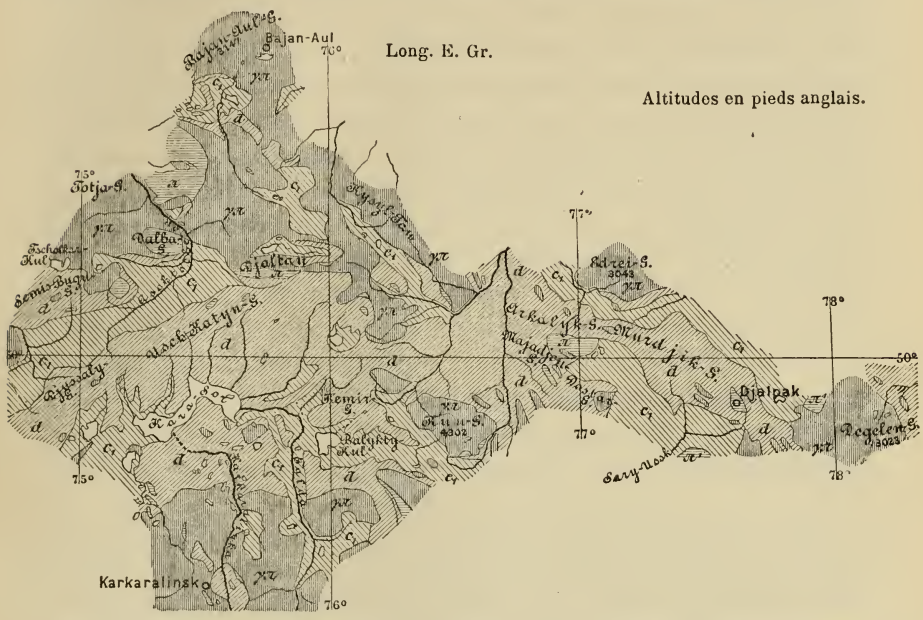


Fig. 19. — Montagnes de la Steppe des Kirghiz entre Karkaralinsk et Baïan-Aoul, d'après Vissotzky.

γ, π Granite et Porphyre ; π' Tufs porphyriques ; *d*, Dévonien ; *c*, Carbonifère inférieur. Échelle de 1 : 2 100 000.

la qualifie de steppe à cause du caractère de la végétation, et surtout à cause de l'absence de forêts.

Sauf la jonction qui vient d'être signalée avec les étoilements projetés au N.W. par les chaînes de l'Asie Centrale, les contours de ce massif montagneux, dans toutes les directions, sont indécis. Il s'abaisse, se décompose en collines isolées et disparaît sous les plaines. Au Nord-Est, il s'affaisse dans la direction de Pavlodar à l'approche de la dépression sibérienne. Au Nord, Krasnopolsky a montré que les mêmes terrains se retrouvent au-dessous du sol au moins jusqu'au voisinage du 53° de lat. N., entre Omsk et Akmolinsk, dans le lit de la Séléta[1]. Au Nord-Ouest, Kokchetaou est situé

1. A. Krasnopolsky, *Recherches géologiques dans la Sibérie occidentale en 1896*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, IX, 1898 ; Séléta, p. 73-81).

près du bord. La région montagneuse atteint ensuite l'Ichim, mais au Sud-Ouest, du côté de Tourgaï et des sables du Kara-Koum, au Sud du côté des « Steppes de la Faim » ou Bedpak-Dala, de même que dans la direction de la rive septentrionale du Balkhach, ses limites sont tout à fait indéterminées et d'ailleurs très mal connues.

La présence de gîtes métallifères et de couches de houille a motivé l'envoi dans cette région d'un certain nombre d'expéditions minières, notamment celle que dirigea Théophilatiev en 1814, et plus récemment les travaux d'Antipov. Les études entreprises en vue de la construction du Transsibérien par Krasnopolsky au Nord-Ouest et au Nord, par Vissotzky à l'Est (Karkaralinsk, Baïan-Aoul) et par Meister à l'Ouest (Akmolinsk, Atbasar) permettent de reconnaître les grands traits de sa structure[1]. Meister les a résumés dans un tableau d'ensemble en donnant une carte de la région comprise entre 66° et 76° de long. E.[2].

Le pays est formé de granite, de porphyre et de diabase, de Dévonien et de Carbonifère. D'après Krasnopolsky, les couches de houille que l'on a rencontrées en plusieurs endroits reposent tantôt sur du calcaire carbonifère et tantôt sur du granite[3]. Comme d'ailleurs on y cite *Asplenium whitbyense* et *Phyllotheca striata*, il est certain qu'une partie des couches est plus récente que le Carbonifère.

L'on voit des plis qui se dirigent au N.W. et d'autres qui se dirigent au N.E. Au Sud-Est, jusque vers la région comprise entre Karkaralinsk et Baïan-Aoul, règne la direction N.W.-S.E. du Tarbagataï. La carte qu'en a donnée Wissotzky montre très bien comment, du Sud-Est, la chaîne dévonienne du Mourdjik et son prolongement l'Arkalyk s'approchent de cette région, tandis que la croupe également dévonienne de l'Ouch-Katyn s'avance en sens contraire, et comment, au Nord de Karkaralinsk, les deux directions de plissement se rencontrent.

Mais bientôt, du côté de l'Ouest, la direction N.W. s'efface et

1. A. Kranopolsky, *Gisements de charbon au voisinage de l'Irtych*, r. (Gornyi Journal, 1894, II, p. 289-303); du même : *Travaux de la section minière dans la Sibérie occidentale en 1893*, r. f. (Bull. Comité Géol. St-Pétersbourg, XIII, 1894, p. 179-203), et *Recherches géologiques dans la steppe kirghise et sur l'Irtych*, r. f. (Ibid., I, 1896, p. 1-45, avec une carte géologique de la partie orientale de la Steppe); A. Meister, *Explorations géologiques dans les steppes kirghises sibériennes*, r. f. (Ibid., V, 1896, p. 51-68); pour les gîtes métallifères, voir surtout Antipov, Gornyi Journal, 1892. La distance du Mont Degelen à l'Ichim, comptée vers le W.N.W., est d'environ 850 verstes.

2. A. Meister, *Explorations géologiques faites dans la steppe kirghise en 1894-1896*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, XV, 1899, p. 1-180, carte; voir en particulier p. 163 et suiv.).

3. A. Krasnopolsky, Bull. Comité géol., XIII, 1894, p. 200.

la direction N.E., en plissements larges et aplatis, règne seule. L'un de ces chaînons dévoniens forme la ligne de partage entre la Tchiderta et l'Oulenta, et un second, le haut Eremen-Taou, sépare ce dernier cours d'eau de la Séléta. Dans tout l'Ouest, la structure se reflète nettement dans la configuration du pays. Les plis dirigés N.E. franchissent l'Ichim vers le Sud ; l'un d'eux détermine le coude brusque de la Noura. Au delà d'Akmolinsk, le sol devient plat sur les bords de l'Ichim, et vers le Sud s'étale une vaste plaine toute parsemée de lacs. Le grès dévonien est presque horizontal ; au fond d'une cuvette très peu déprimée se trouve du calcaire carbonifère à *Productus giganteus*. Plus à l'Ouest encore se redresse un anticlinal plus accusé, dirigé N.E. Il forme la crête du *Djarkaïn-Agatch*, qui détermine le coude brusque de l'Ichim vers 66° de long. E. Cette crête est constituée par du granite, flanqué de grès dévonien à droite et à gauche ; elle s'étend vers le Nord-Est jusqu'à la colline Bel-Agatch, par 52° de lat. N.

Sous la même latitude, une seconde voûte analogue, le Bektchentaï, surgit sur l'Ichim.

C'est au coude de l'Ichim que s'arrêtent les observations dont je dispose. La structure du pays montueux qui se relève plus au Sud, dans la région des sources du Sary-Sou, m'est inconnue.

Revenons à l'Est. Il semble bien, en effet, d'après les documents existants, que là, plus au Nord, les plis N.W. soient recoupés par les plis N.E. Dans le bassin houiller d'Ekibass-touz (51°40′ de lat. N., non loin du 76° de long. E.), on observe la direction N.W., avec un léger renversement au S.E. du flanc nord. Ce qui est certain, en tout cas, c'est qu'entre les branches de l'Altaï et du Tien-Chan d'un côté et l'Oural de l'autre, il existe un système indépendant de plis dirigés N.E., plis très peu accusés d'ailleurs, qui occupent tout l'espace compris entre l'Ichim et Karkaralinsk et viennent rencontrer les plis du Tarbagataï presque à angle droit.

Nous donnerons à ce faisceau le nom de *plis kirghises*.

Il existe une incontestable analogie entre ces plis et ceux de Kolyvan, qui possèdent la même direction N.E. et viennent se placer en travers du Salaïr, pour disparaître sous la plaine le long des rives de l'Ob. On hésiterait moins à admettre que les plis de Kolyvan se rattachent aux plis kirghises si ces derniers ne semblaient prendre, à l'Ouest, la direction N.N.E. Du moins, Krasnopolsky indique au Djarkaïn-Agatch la direction *hora* 1-2. Mais là, les voûtes et les plis ont diminué à tel point d'amplitude qu'il

est plus exact de parler d'une région ondulée, où les terrains anciens affleurent en dessinant de longues bandes parallèles.

5. Tien-Chan. — La première des grandes chaînes qui font face aux Monts de Kalbin est le *Tarbagataï*, qui, en se prolongeant dans le Djinghiz-Taou au delà de Sergiopol, forme le premier des arcs convexes vers le S.W. On a déjà vu comment il s'adosse du côté du Sud au massif montagneux du Saour, et comment sur le versant oriental, au lac Zaïssan, les lignes disjonctives de la Dzoungarie se traduisent par la tendance à la production de fosses. De même, nous avons indiqué plus haut comment le Djinghiz rencontre au Nord-Ouest les plis kirghises.

Dans le vaste espace compris entre le Tarbagataï et la première branche du Tien-Chan apparaît, comme une ride oblique et en quelque sorte égarée, l'Ourkatchar et l'*Alataou dzoungare*. La direction de ce fragment montagneux est aberrante, et peut-être ne représente-t-il que la partie orientale d'un segment dont la branche nord-ouest ne serait pas parvenue à se développer. Mais, et le fait est important à noter, il est recoupé par des lignes disjonctives qui précisément épousent cette direction N.W. et dont l'allure correspond à celle des autres rides montagneuses. Elles déterminent la remarquable *fosse de l'Ebi-Nor*, où s'alignent successivement, à partir des marais de Chikho, les lacs Ebi-Nor, Djalanach, Ala-Koul, Ouïali et Sassyk-Koul, fosse dont l'altitude descend jusqu'à 700 pieds (213 m.) à l'Ebi-Nor et qui s'ouvre à travers les montagnes de la Dzoungarie sur la dépression du Balkhach.

L'on atteint alors le *Boro-Khoro*, l'une des branches les plus longues de la virgation du Tien-Chan. Ayant déjà eu l'occasion de publier, dans le premier volume de cet ouvrage (p. 610), un tableau de cette virgation dû au savant qui la connaît le mieux, M. Mouchkétov, je m'abstiendrai d'y revenir pour le moment, sauf à introduire plus tard quelques remarques sur les chaînes intermédiaires. Dans un ouvrage qu'il a fait paraître depuis sur ce sujet, Mouchkétov s'est prononcé contre l'hypothèse d'après laquelle les divers arcs, ainsi qu'on l'admettait autrefois, se décomposeraient chacun en deux moitiés possédant des directions de soulèvement indépendantes, celle de l'W.N.W. et celle du N.E. Ces directions correspondraient bien plutôt à des tronçons d'arcs continus, aux « résultats d'un seul et même processus géologique, qui se serait produit simultanément ». Cet auteur a déclaré en même temps que « tout le Tien-Chan, de Barkoul jusqu'à l'Hindou-Kouch et au Kara-

taou, représente un ensemble de plis très nombreux, de dimensions variables, mais curvilignes et d'allure uniforme, qui sont toujours convexes vers le Sud et concaves vers le Nord »[1].

La virgation du Tien-Chan n'est pas déterminée par le morcellement d'un tronc commun. Ce tronc apparent n'existe pas du tout, et on ne l'imagine que par suite du rapprochement graduel des diverses branches, qui viennent se serrer les unes contre les autres en prenant plus ou moins la direction de l'E.S.E. En outre, les diverses chaînes restent visibles sur de grandes distances, de même que les dépressions intermédiaires, comme la vallée de l'Ili, et le cas serait encore plus frappant si l'aile N.E. d'un arc n'était parfois barrée par l'aile W.S.W. de l'arc suivant, en donnant lieu à une disposition rappelant celle des tuiles d'un toit. L'on formulerait peut-être encore une comparaison plus juste en se figurant de larges gouttes aplaties, attenant au globe terrestre et débordant les unes sur les autres.

Cette structure se révèle dès le bord méridional extrême.

Dans la région du *Khan-Tengri* (24 000 pieds[7 300 m.]), l'allure courbe du bord sud est si accusée que, d'après les descriptions d'Ignatiev, une direction franchement N.E. règne seule à partir du Kokchal. Des schistes argileux et des marbres blancs, associés à des bandes de calcaire carbonifère à *Productus giganteus* et percés de culots de granite et de syénite, forment cette partie culminante du Tien-Chan. Même dans les moraines, on n'y trouve du gneiss que très rarement, ce qui n'est pas le cas, d'ordinaire, pour les chaînes de montagnes d'une pareille altitude[2].

Au Khan-Tengri même, qui représente l'extrémité de la branche de l'arc du Kokchal dirigée N.E., il se produit sur le bord sud de la chaîne un angle rentrant, et au delà de ce renfoncement, au Nord du col de Mouzart, la direction opposée, W.N.W., reparaît, un nouvel arc s'approchant de cette bordure.

Ce nouvel arc possède une très grande longueur; il vient du *Karataou* et longe la rive sud de l'Issyk-Koul jusqu'au Mouzart; en atteignant le bord sud du Tien-Chan, il prend le nom de Khalyk-Taou.

1. I. V. Mouchkétov, *Le Turkestan, description géologique et orographique* (r.), I, in-8°, St-Pétersbourg, 1886, p. 32, 34, carte.

2. I. V. Ignatiev, *Rapport sur l'expédition au massif du Khan-Tengri*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXIII, 1887, p. 105-136, carte). Sur le glacier de Djiparlyk, dont les gradins entaillés dans la glace constituent la partie la plus dangereuse du col de Mouzart, il existe un vrai lac de cuvette *(Gryde-See)* comme ceux qu'on voit au Groenland en aval des Nunataks. — Au Sud du col, il semble que la direction N.E. se retrouve encore dans les avant-monts.

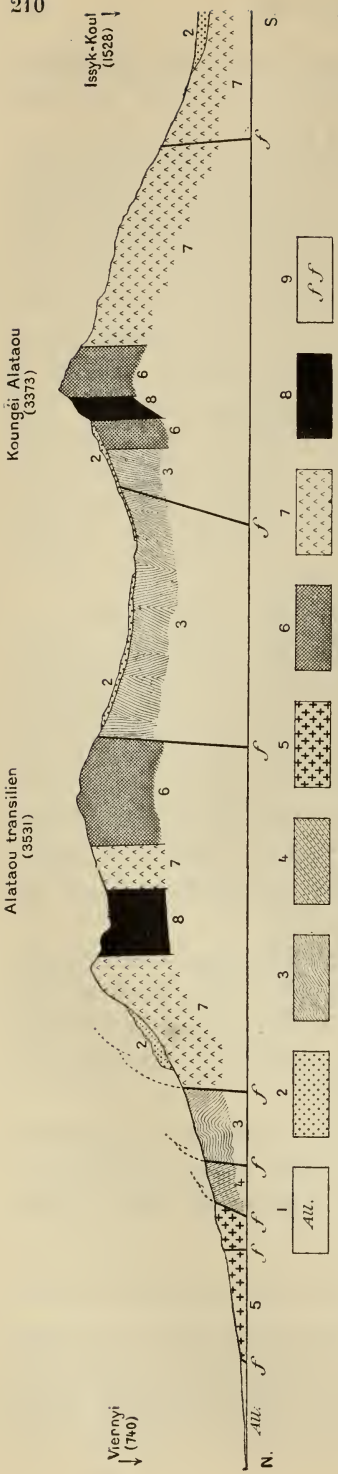


Fig. 20. — Coupe de Vernyi à l'Issyk-Koul, d'après Mouchkétov (Mém. Comité Géol., X, n° 1, 1890, p. 132, pl. 4).

1. Alluvions, dunes, etc.; 2. Dépôts glaciaires; 3. Schistes métamorphiques; 4. Gneiss; 5. Granite; 6. Syénite; 7. Porphyre; 8. Porphyrite et Diabase; 9. Failles. — Échelle des longueurs = 1 : 500 000. Échelle des hauteurs = 1 : 125 000.

Par 83° de long. E., un autre arc le remplace; celui-ci s'appelle au point de relaiement Kok-tépé, mais ce n'est pas autre chose qu'une partie du *Kourouk-Tagh*, longue chaîne qui, dépassant les limites du Tien-Chan, forme le bord méridional du Beï-Chan.

Reportons-nous à la rive nord de l'Issyk-Koul.

Les *Monts Alexandre* se prolongent le long de cette rive dans le Koungéi-Alataou; d'après Mouchkétov, le même rameau forme l'Ichkilik et enfin le col de Narat (84°15′), sur le Petit Youldouz [1].

Alors vient le sillon de l'Ili et du Kounges, qui court à l'E.S.E. Cette direction est aussi celle de la longue chaîne du *Boro-Khoro* et de son prolongement l'Eiren-Khabirgan, auquel succède plus à l'Est, sur le même alignement, le *Tchol-Tagh*, qui forme la bordure septentrionale du Beï-

1. La coupe relevée par Mouchkétov après le tremblement de terre de Viernyi (19 juin 1887) entre cette ville et l'Issyk-Koul au Sud, par l'Alataou transilien et le Koungéi Alataou (fig. 20), montre qu'il existe dans cette partie de la chaîne des failles longitudinales (Mém. Comité Géol. St-Pétersbourg, X, n° 1, 1890, p. 132, pl. IV). — Plus à l'Est, au Sud de Djarkent, d'après Brousnitzin, les couches sont renversées vers le S.E., de telle sorte que le granite recouvre le calcaire carbonifère plongeant au N.W.; Th. Brousnitzin, *Recherches géologiques et minières dans la province de Sémirietchinsk*, r. (Gornyi Journal, 1892, I, p. 459-469, carte géol.).

Chan. Je ne connais pas la structure de la crête intermédiaire, servant de ligne de partage des eaux entre le Bagratch-Koul et la rivière Algoï, et par conséquent, il m'est impossible d'affirmer que le Boro-Khoro et le Tchol-Tagh représentent réellement une même chaîne; en tout cas, il est certain qu'à l'Ouest du méridien d'Ouroumtchi, le Tchol-Tagh fait déjà partie intégrante du faisceau du Tien-Chan. La coupe de Kourlia à la dépression de Liouktchoun, que Bogdanovitch a publiée, et qui croise tous les termes de jonction entre le Tien-Chan et le Beï-Chan, montre assez clairement combien les rapports sont étroits[1].

Le *Beï-Chan*, enserré entre le Kourouk-Tagh et le Tchol-Tagh, *ne comprend que des branches prolongées du Tien-Chan.*

A l'Est d'Ouroumtchi, une coulisse filant à l'E.S.E. s'élève à une hauteur considérable. Sa cime, le *Bogdo-Ola* (5 100-5 500 m.), est voisine d'Ouroumtchi, et au Nord de Tourfan la même chaîne atteint encore 3 600 à 4 000 mètres. D'après les relations publiées jusqu'à ce jour, le Bogdo-Ola serait formé de schistes métamorphiques, de quartzites et de phyllades noirs. Mais M. Klémentz, qui s'est élevé sur les flancs du Bogdo-Ola à une plus grande altitude que ses prédécesseurs, m'a dit n'avoir rencontré à ce niveau que du mélaphyre, des tufs volcaniques et des brèches.

C'est la partie orientale de cette haute chaîne qui s'abaisse en gradins vers Tourfan et Liouktchoun et vers le pied nord du Tchol-Tagh. Malgré la pénétration de cette coulisse dans la masse même du Tien-Chan, ce pied nord du Tchol-Tagh est jalonné par une profonde fissure longitudinale, qui forme le bord sud d'une fosse très allongée.

Les frères Groum-Grjimaïlo ont trouvé, dans l'automne de 1889, qu'il existe au Sud de Tourfan une dépression dont le fond descend au-dessous du niveau de la mer. Quelques semaines après, Pievtsov confirmait cette découverte inattendue. La cote adoptée actuellement est de — 102 mètres. Un marais salant occupe la surface du sol[2].

Remarquons d'abord que dans cette région de l'Est, la direction du Tien-Chan est devenue E.-W.

1. K. Bogdanovitch, *Recherches géologiques dans le Turkestan Oriental*, r. (Travaux de l'Expédition au Tibet dirigée par M. V. Pievtsov, II). Publié par la Société Imp. Russe de Géographie. In-4°, St-Pétersbourg, 1892, pl. V, fig. 8. Obroutchev insiste sur le passage des plis parallèles du Beï-Chan au Tien-Chan et sur l'unité des deux systèmes dans son mémoire intitulé : *Orographie de l'Asie Centrale et de sa bordure sud-est*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXI, 1895, p. 253-344, en particulier p. 277-278).

2. Ce chiffre est celui qu'indique Roborovski (Comptes rendus Soc. Géogr. Paris, 1897, p. 207). Voir aussi W. Obrutschew, *Geographische Skizze von Centralasien und seiner südlichen Umrandung* (Hettner's Geogr. Zeitschrift, I, 1895, p. 274-277, etc.).

Nous possédons plusieurs descriptions de la cuvette de Liouktchoun. Toutes sont d'accord sur deux points : c'est qu'il s'agit bien là d'une fosse d'effondrement typique, bordée de failles et de flexures parallèles, longitudinales, et que non seulement les argiles lignitifères et les grès bigarrés de la série de l'Angara, mais encore les conglomérats rouges et les grès tendres de la série du Gobi ont été affectés par la dislocation. Vers le Nord, le bord de la fosse coïncide avec l'arête du Djargess et du Tous-Tagh, où la dénivellation atteint d'un seul coup 360 mètres environ; le bord sud répond au pied nord du Tchol-Tagh.

La coupe dressée par Bogdanovitch, du Nord-Ouest au fond de la cuvette, figure le Djargess comme constitué par des schistes anciens plissés, avec lambeaux de la série de l'Angara, puis, à un niveau inférieur, les mêmes couches très disloquées, formant palier,

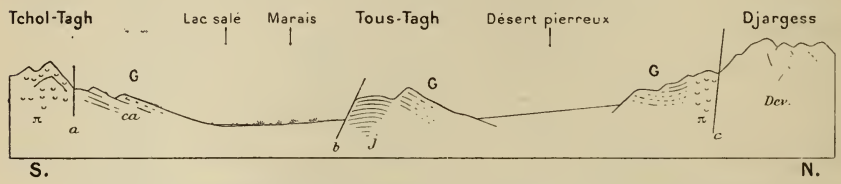


Fig. 21. — La dépression de Liouktchoun, d'après un croquis communiqué par M. Obroutchev.

Dev, Dévonien; *ca*, Carbonifère inférieur; *j*, Couches de l'Angara; *G*, Dépôts du Gobi; *a*, *b*, Failles.

et plus bas encore les couches du Gobi, également très disloquées [1].

Les frères Groum-Grjimaïlo ont décrit la descente en venant du Nord-Est et donné un intéressant dessin où l'on voit les couches du Gobi recouvrir en discordance les dépôts de l'Angara, qui sont fortement inclinés [2].

Je dois à une obligeante communication de M. Obroutchev la coupe ci-jointe (fig. 21), qui est menée par le méridien de Tourfan. On y voit, au pied sud du Djargess, des affleurements de mélaphyre et de porphyrite, un anticlinal rompu ou une flexure au Tous-Tagh, et un lambeau de Carbonifère inférieur affaissé au pied du Tchol-Tagh. Ce croquis indique en outre qu'il y a là des failles d'âge différent.

Vers l'Ouest, cette fosse singulière paraît se perdre assez vite

1. K. Bogdanovitch, *Recherches géologiques dans le Turkestan Oriental*, pl. V, fig. 9.

2. G. E. et M. E. Groum-Grjimaïlo, *Relation d'un voyage dans la Chine Occidentale, I. Dans le Tien-Chan Oriental*, r. Publié par la Société Impériale Russe de Géographie. In-4°, St-Pétersbourg, 1896, p. 284 et suiv., carte.

dans la vallée à forte pente de l'Algoï. Vers l'Est, elle est d'abord masquée par un amas épais de sables mouvants, le Koum-Tagh ou « Montagne de Sable », dont la large croupe atteint bientôt + 300 ou 400 mètres. Sur la bordure nord du Koum-Tagh, du versant méridional du Syrkyn-Tagh jusqu'à Pitchan et au col Tchiktim-Tagh, Obroutchev a constaté dans les couches de l'Angara et les dépôts du Gobi des flexures et des failles qui correspondent, d'après leur situation, aux ploiements et aux cassures du Tous-Tagh (fig. 21). A Tchiktim, où se termine la « Montagne de Sable », on revoit le fond de la dépression. Des hauteurs du Tien-Chan, constituées dans cette région par des schistes et des diabases, le sol s'abaisse vers le Sud en formant tantôt un large plan incliné, et tantôt une série de gradins. A l'Est du Koum-Tagh apparaît alors, le long du pied du Tchol-Tagh, d'après les descriptions de Roborovsky et Kozlov, un territoire sans eau, absolument désert, où le vent a découpé les dépôts du Gobi en rochers aux formes fantastiques. C'est la « Vallée du Diable » (altitude + 300 m. environ). Au pied nord du Tchol-Tagh, du basalte se montre sur un point. Ensuite, le sol s'affaisse de nouveau le long de cette bordure jusqu'à + 36 mètres, et même plus bas d'après d'autres observateurs. Ce point est situé par environ 92° de long. E., près du campement de *Soulgassar*. Au voisinage, le lac Chona-Nor (101 m.) reçoit les eaux qui descendent de la ville de Hami (856 m.)[1].

Dans cette région, des porphyres, des tufs porphyriques et des mélaphyres prennent une part importante à la constitution des avant-monts ou des premières terrasses du Tien-Chan. Dans les couches houillères de Tach-Késé, entre Lao-doun et Hami, Obroutchev a trouvé des empreintes de *Phœnicopsis* et de *Gingko*[2].

1. V. A. Obroutchev, *L'Asie Centrale, le Nord de la Chine et le Nan-Chan*, r., in-4°, II, p. 536 et suiv. M. Obroutchev a bien voulu me communiquer les bonnes feuilles de cet ouvrage avant sa publication; je suis heureux d'exprimer ici au savant explorateur toute ma gratitude. La dernière page dont j'ai pu ainsi prendre connaissance, en rédigeant ces lignes, est la p. 608 du tome II. [Ce volume a paru en 1901 : in-4°, XXVI-686 p., 6 cartes-itinéraires, 40 photogr., 2 pl. de coupes et 93 fig. dans le texte]. — V. I. Roborovski et P. K. Kozlov, *Rapport préliminaire sur un voyage de trois ans dans l'Asie Centrale* (rédigé par Kozlov), r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXIII, 1897, p. 121-163). — Kozlov, en partant des montagnes situées à l'Ouest de Hami, s'est avancé vers le Sud et a constaté que le désert s'incline en pente douce dans cette direction jusqu'au bord du Tchol-Tagh (Ibid., p. 159).

2. Fr. Krasser, *Die von* W. A. Obrutschew *in China und Central-Asien 1893-1894 gesammelten fossile Pflanzen* (Denkschr. K. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., LXX, 1900, p. 149). Les couches à *Phœnicopsis* ont été également rencontrées dans le Tyrkyp-Tagh, sur la bordure septentrionale de la dépression de Liouktchoun (Ibid., p. 146). Les couches à empreintes végétales du Toung-Chan, contrefort du Bogdo-Ola, au Sud d'Ouroumtchi, sont plus anciennes et renferment des *Lepidodendron* (Ibid., p. 143).

A l'Est de Hami s'élève sur le bord nord de la bande désertique qu'on doit regarder comme le prolongement de la fosse une série de contreforts, dominés par une nouvelle coulisse du Tien-Chan, l'imposant *Karlyk-Tagh*. Roborovski et Kozlov décrivent l'aspect grandiose que présente ce massif. Sur une cinquantaine de verstes se succèdent ses cimes neigeuses, qui s'élèvent jusqu'à 4500 mètres, et les glaciers logés dans les intervalles montrent des précipices effrayants. Cette haute chaîne se prolonge à l'Est par l'Emir-Tagh, puis elle cède la place à des croupes rocheuses isolées, et vers l'Est le désert s'étend sur de grandes distances[1].

Dans ces parties tout à fait orientales du Tien-Chan, on connaît les couches de l'Angara, des porphyres, des schistes, puis des culots de granite et de syénite; le gneiss paraît être plus répandu que dans l'Ouest.

La rivière Khaïa qui, des glaciers du Karlyk-Tagh, descend vers le Sud à travers le désert et les avant-monts se termine, d'après Obroutchev, dans un lac situé non loin du pied nord du Beï-Chan, ou plutôt de la chaîne du Yo-Choui-Chan. Dans ce lac débouche une vallée venant de l'Est, désignée sur les cartes sous le nom de *Protok Yandounskii* ou « Fleuve de Yandoun ». L'altitude est plus forte qu'à l'Ouest (777 m.), et, d'après la configuration du terrain, G. E. Groum-Grjimaïlo est disposé à admettre que, jadis, un grand fleuve a réellement coulé de l'Est à l'Ouest, entre le Tien-Chan et le Beï-Chan, jusque dans la cuvette de Liouktchoun[2].

Obroutchev donne un tableau très net de la partie de la dépression située à l'Est du 95° de long. E. Une large zone de débris s'étale, ici encore, vers le Sud, au pied du Karlyk-Tagh, interrompue çà et là par des avant-monts aux teintes sombres, formés de diorite, de porphyre, de granite et de schistes siliceux noirs. Au Sud des derniers contreforts, le sol continue à descendre jusqu'aux collines entourant la source d'Outoun-Odsi (1135 m.), collines constituées par les dépôts du Gobi, au-dessous desquels affleurent des roches plus anciennes arasées. Au Sud d'Outoun-Odsi, au voisinage de la source de *Ya-dsi-tchouan* (1350 m.), le sol s'abaisse jusqu'à

1. Roborovsky et Kozlov, *Rapport* cité, p. 156. Les frères Groum-Grjimaïlo signalent souvent, sur la route qui va de Hami à Gouchen, en passant par le col de Oulan-Oussou, la direction N. E., comme si l'extrémité orientale de la coulisse qui correspond au Bogdo-Ola était caractérisée par une inflexion analogue à celles que présentent les coulisses occidentales du Tien-Chan; voir Groum-Grjimaïlo, à propos de la croupe du Tchoglou-tchaï etc., Ouvr. cité, p. 308, 428, 495 et ailleurs.

2. Groum-Grijimaïlo, *Relation d'un voyage dans la Chine Occidentale*, I, p. 313 et suiv., 495, 496.

490 mètres. Là, d'ailleurs, la dépression ressemble tout à fait à une ancienne vallée fluviale, descendant de l'Est vers le réservoir lacustre auquel aboutit la Khaïa. J'ignore quelle est l'altitude de ce lac. C'est là que se trouve l'extrémité orientale de la grande dépression. Obroutchev la regarde, dans son ensemble, de Toksoun et de Tourfan jusqu'à la source de Ya-dsi-tchouan, comme un fossé tectonique et lui donne le nom de *dépression bordière du Tien-Chan*[1].

Sur toute la longueur de cette fosse, de 88° 30′ jusque vers 95° 30′ de long. E., la partie la plus profonde de la dépression est située tout contre le bord sud. A l'extrémité ouest, la cote — 102 mètres est atteinte, mais à l'Est, il n'est pas possible de dire quelle épaisseur atteint le remplissage par les débris provenant des hautes montagnes du Nord : les sables du Koum-Tagh, accumulés par le vent, suffisent en effet pour amener la formation, au voisinage du point le plus creux de la cuvette, d'une large croupe s'élevant jusqu'à + 300 ou 400 mètres.

6. Beï-Chan. — Cette chaîne, que les frères Groum-Grjimaïlo ont été les premiers à distinguer nettement des autres groupes montagneux de l'Asie Centrale, se présente au point de vue de sa structure comme une large zone de plis, dirigés E. ou E.S.E. et se détachant du Tien-Chan; au Nord et au Sud, ces plis sont bordés sur toute leur longueur, ou du moins sur une distance considérable, par des cassures et des dépressions qui leur donnent l'aspect d'un horst, se poursuivant obliquement à travers le Gobi et jusqu'au delà de l'Edzin-Gol. En même temps, les plis du Nord subissent à leur extrémité orientale une inflexion vers l'E.N.E. ou le N.E.

Le Beï-Chan a été qualifié d' « intumescence », mais la façon dont son extrémité orientale se décompose en faisceaux de plis montre sa vraie structure. On a déjà vu comment le faisceau de plis du Nord, le Tchol-Tagh, de même que celui du Sud, le Kourouk-Tagh, se trouvent être de véritables branches du Tien-Chan.

La dépression du lac Bagratch-Koul, qui s'étend entre ces deux chaînes, interrompt la continuité des faisceaux de plis internes. En outre, le Beï-Chan est bien moins élevé que le Tien-Chan, et beaucoup plus pauvre en eau et en végétation; c'est, en majeure partie,

1. *Pri-tian-schan'sche Senkung;* Obroutchev, *L'Asie Centrale,* etc., II, p. 528 et suiv.; voir aussi *Orographie de l'Asie Centrale,* etc. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXI, 1895, p. 294-301).

un vrai désert, sillonné de longues arêtes rocheuses n'ayant qu'un faible relief. Au point de vue de l'aspect extérieur, le Beï-Chan rappelle donc aussi peu que possible les admirables paysages alpestres qui, dans le Boro-Khoro par exemple, excitent l'enthousiasme des voyageurs, mais il n'en fait pas moins partie du même ensemble. Peut-être cette contradiction apparente s'expliquera-t-elle un jour, si l'on arrive à reconnaître dans le Beï-Chan un fragment des ruines d'un édifice antérieur, doté plus tard, dans le domaine du Tien-Chan actuel, d'un modelé nouveau mais conforme au plan primitif.

Considérons d'abord la coupe de l'Ouest.

M. E. Groum-Grjimaïlo s'est avancé de la fosse de Liouktchoun vers le Sud, entre 90° et 89° de long. E. La montée du Tchol-Tagh a lieu d'abord sur les schistes argileux, puis sur la surface décomposée de granites et de quartzites (901 m.). De là, le regard s'étend sur un pays montueux, vaste et désert. Un peu plus bas seulement (815 m.), on trouve un fond salin, et des cornalines d'un rouge vif sont éparses comme des taches de sang à la surface du sel. Le terrain, profondément attaqué par la déflation et recouvert d'éclats de pierre, laisse apparaître du granite, du calcaire grenu et des phyllades verts. Puis les micaschistes forment des traînées rocheuses, s'alignant de l'Est à l'Ouest. Les deux tiers de la largeur du Beï-Chan sont franchis, et alors se dresse au-dessus de la contrée le haut massif granitique du *Tiougé-Taou* (2700 m.). Le sol environnant a d'ailleurs atteint près de 1500 mètres et est formé de diabase et de marbre. Au delà des diabases viennent, dans une vallée longitudinale, des bancs verticaux de grès et de schiste. Le versant septentrional du Kourouk-Tagh montre du granite; son altitude ne semble guère dépasser 1200 mètres; vers le Sud, il s'abaisse sur la dépression du Lob-Nor.

Les dépôts du Gobi n'ont pas été rencontrés sur cet itinéraire, où la largeur du Beï-Chan mesure environ 125 verstes[1].

La seconde coupe transversale est relative à une région située beaucoup plus à l'Est; Obroutchev l'a menée suivant une ligne courbe du S.E. au N.W., de Bouloundsir, à l'Est d'An-si, à la source de Ya-dsi-tchouan, à l'extrémité orientale de la fosse bordière du Tien-Chan. Cette coupe est caractérisée par la prédominance des roches archéennes au Sud et au Centre. La chaîne méridionale de bordure (1600 à 1650 m.) ne s'appelle pas ici Kou-

1. Groum-Grjimaïlo, *Relation d'un voyage dans la Chine Occidentale*, I, p. 381-417.

rouk-Tagh, mais a reçu le nom de *Poustynnii Khrébet*, c'est-à-dire « Montagne déserte ». Elle est formée de granite, gneiss, schistes amphiboliques et schistes quartzeux. Une vallée longitudinale occupée par les dépôts du Gobi la sépare de l'*In-va-Chan;* du porphyre apparaît à côté des roches archéennes; les altitudes arrivent jusqu'à plus de 2 000 mètres. On rencontre encore des couches de houille et un lambeau dont la direction est insolite, et qui appartient peut-être au grès supra-houiller. Ensuite, les roches archéennes reparaissent, et le point culminant de la coupe est atteint au *Dsi-ge-djin-tsé* (2 290 m., schistes argileux, quartzites, schistes verts). On revoit du gneiss et du granite, sur lequel l'action destructrice du vent a été très énergique. A ces roches succèdent un granite à amphibole et un porphyre syénitique qui règnent jusqu'au voisinage du *Yo-Choui-Chan*. Cette chaîne, anticlinal de micaschistes, de schistes argileux et de quartzites, est celle dont le prolongement vers l'W.N.W. ou l'W. atteint probablement le bord sud de la fosse marginale du Tien-Chan.

Dans les limites de cette chaîne, il semble, à en juger par les directions observées, qu'il se produise une déviation de W.N.W. à E.N.E. Cette déviation se fait nettement sentir dans l'*Outoun-Chan*, qui est toutefois formé de calcaire gris et de porphyre. De là, on aperçoit déjà les cimes neigeuses du Karlyk-Tagh, et une vallée longitudinale paraît s'ouvrir vers le Nord-Est. Des porphyres et des tufs porphyriques continuent à régner; puis on atteint la source de Ya-tsi-tchouan et l'extrémité orientale de la fosse[1].

Le Beï-Chan a été traversé suivant la ligne Sa-tchéou-Koufi par Prjévalsky, Roborovsky et d'autres voyageurs, mais les relations publiées sont brèves. Le long de cet itinéraire, on n'a pas relevé d'altitudes notables, et le Beï-Chan est partagé au centre en deux moitiés par une large vallée longitudinale.

Particulièrement important pour l'étude des relations des chaînes a été le voyage exécuté par Ladygin, suivant une direction à peu près N.-S., de Dalan-tourou (au Sud du Tsagan-Nor, dans la Vallée des Lacs) à Sou-tchéou[2].

Au Sud des contreforts de l'Altaïn-Nourou, dans lequel nous avons reconnu la chaîne maîtresse de l'Altaï Mongol, cet explorateur a traversé le Bourgoustin-Nourou, l'Ederyngin-Nourou et le

1. Obroutchev, *L'Asie Centrale*, II, p. 483-535.

2. Roborovsky et Kozlov, *Rapport préliminaire*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXIII, 1897, p. 155); V. F. Ladygin, *Rapport préliminaire sur une traversée du Gobi de Dalyn-tourou à Sou-tchéou*, r. (Ibid., XXXVI, 1900, p. 169 197, carte). [Voir aussi la carte reprod. dans *La Géographie*, Bull. Soc. Géogr. Paris, III, 1901, pl. 1].

désert Narin-Khoukhou-Gobi, qui est limité au Sud par de hautes montagnes. Le sol y descend jusqu'à 1 100 pieds (335 m.), la cote la plus faible qu'on rencontre sur tout cet itinéraire.

Ladygin a eu le mérite, en particulier, de longer sur une grande distance, aussi bien vers l'Ouest que vers l'Est, les montagnes qui bordent ce désert du côté du Sud. A l'Ouest, il s'est avancé assez loin pour apercevoir les cimes blanches des contreforts orientaux du Karlyk-Tagh, et à l'Est il a vu le haut sommet du Noïn-Bogdo, à l'Est du méridien de l'Edzin-Gol. Là, il constata que de l'Adji-bogdo (environ 5 800 pieds [1 766 m.]) et du Baga-Bogdo, attribués encore l'un et l'autre aux avant-chaînes de l'Altaï Mongol, une jonction avec la crête du Noïn-Bogdo est ménagée par la longue arête du *Koukou-Tymyrty*, qui, à l'Est de l'itinéraire suivi, s'étend vers l'E.S.E. et l'E.; c'est-à-dire *qu'un même faisceau de chaînes, disposé en croissant, s'avance à travers le désert au Nord des lacs qui forment la cuvette terminale de l'Edzin-Gol* (voir p. 132).

Au Sud du Koukou-Tymyrty vient le désert Chiourten-Kholy-Gobi (2 000 pieds [600 m.], 40 verstes de large), puis le Boro-Oula, la première chaîne du Beï-Chan.

Dans l'Ouest, si la fosse bordière du Tien-Chan peut être considérée comme formant une limite sinon tectonique, du moins morphologique entre le Tien-Chan et le Beï-Chan, et s'il est admissible, à la rigueur, de regarder l'angle que le Metchin-Ola fait près de Barkoul avec le versant nord du Karlyk-Tagh, comme une limite entre le Tien-Chan et les accidents de la Dzoungarie, qui ressemblent davantage à l'Altaï Mongol, — ici, ces particularités disparaissent et une même allure en arc de cercle paraît dominer de plus en plus dans la totalité des chaînes.

Le Boro-Oula est formé de schistes; le Chan-Choui-Nourou, qui vient ensuite, représente dans cette région la chaîne la plus élevée du Beï-Chan, et deux autres chaînes lui succèdent jusqu'au large désert Khounkyr-tsagyn-Kholy, aligné à l'W.N.W. et d'où s'élèvent des collines d'argile rouge (Tsosytyn-Nourou) qui doivent appartenir aux dépôts du Gobi. On arrive à une chaîne basse où se trouvent des gisements de houille, puis aux sables de Narin-Khouloussou et à la ville de Sou-tchéou.

Enfin nous devons à Obroutchev une coupe transversale du Beï-Chan qui se développe du S. au N., non loin de l'Edzin-Gol, vers son extrémité orientale [1].

1. V. Obroutchev, *Esquisse orographique et géologique de la Mongolie Centrale*, etc.,

Au Sud, à peu de distance au Nord de Ting-tkha-hsi, on atteint le long de la rivière Lin-choui une bande de terrain qui, à l'Est comme à l'Ouest, conserve l'aspect d'une plaine déserte et qu'Obroutchev regarde comme faisant partie d'une fosse séparant le Nan-Chan du Beï-Chan. C'est le prolongement des sables de Narin-Khouloussou. On arrive alors au pied du Beï-Chan. Les roches dominantes sont des porphyres et des porphyrites, associés à des calcaires métamorphiques, cristallins. En même temps apparaît aussi du granite. Un peu plus au Nord se présente une chaîne de gneiss et de schistes anciens, dont la direction générale est encore W.N.W. ou N.W. ; toutefois une déviation vers l'E.N.E. et le N.E. commence à s'y faire sentir, déviation destinée à prendre une importance croissante plus au Nord. Ensuite les porphyres et les tufs recommencent, puis viennent des calcschistes, au milieu desquels de la diorite forme un petit laccolithe. Des conglomérats de la série du Gobi longent les montagnes. Obroutchev donne à la puissante chaîne centrale le nom d'*Edzin-Oula*. Celle-ci offre d'abord du granite, du porphyre, de la diorite et du calcaire cristallin, puis, sur une grande largeur, du calcaire avec fossiles du Carbonifère inférieur; la direction est déjà E.N.E. ou N.E. Après une interruption par le désert, l'on atteint la branche la plus septentrionale du Beï-Chan, le *Boro-Oula*, qui est formée dans cette région par le même calcaire carbonifère inférieur. Déjà, plus au Sud, quelques chaînons, sur la rive droite de l'Edzin-Gol, indiquaient le prolongement et en même temps la déviation du Beï-Chan vers le N.E. Deux contreforts du Boro-Oula se montrent au delà du cours d'eau : le Mont Tserdjin-Vantchik et la chaîne plus allongée du Kökö-Oula, qui se dirige vers l'E.N.E.

Les frères Groum-Grjimaïlo, de même qu'Obroutchev, supposent que les branches du Beï-Chan vont rejoindre au-dessous des sables de l'Ala-Chan les contreforts des Montagnes du Hoang-ho, qui s'avancent en sens inverse. L'inflexion de l'extrémité de l'Edzin-Oula et du Boro-Oula, de même que le prolongement de la seconde de ces chaînes au Nord-Est, par delà l'Edzin-Gol, sont des indices de ce raccordement. Il est confirmé au Nord par les découvertes de Ladygin, qui a montré que de l'Adji-Bogdo, dans l'Altaï Mongol, un arc se rattache au Noïn-Bogdo par le Koukou-Tymyrty. Mais on ne voit plus les chaînes proprement dites du Tien-Chan, et quoique, dans l'Ouest, nous ayons vu les deux branches principales du Beï-Chan sortir du Tien-Chan lui-même, dans l'Est, la façon dont les deux

r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXX, 1894, p. 239-244); et *L'Asie Centrale*, etc., II, p. 362-397.

faisceaux se comportent l'un vis-à-vis de l'autre est différente. Là, il semble bien plutôt que, dans l'angle que les chaînons de l'Altaï Mongol (Adji-Bogdo, etc.) font avec ceux du Beï-Chan (Boro-Oula, etc.), par conséquent dans l'épanouissement vers l'Ouest de la région du Chiourten-Kholy-Gobi, les diverses coulisses du Tien-Chan oriental (Emir-Tagh et Karlyk-Tagh, Bogdo-Ola, etc.), toujours rejetées un peu à l'W.S.W., apparaissent en biais l'une après l'autre.

7. San-sian-tsy. — Ce tronçon montagneux appartient à un autre groupe de chaînes, l'arc de Yarkend; il y a lieu d'en parler ici pour rendre cet exposé plus clair.

Kozlov décrit la route qui, venant du Sud-Ouest, passe au Sud du Lob-Nor. A droite se trouvent les sables du Koum-Tagh, qui longent sur une grande largeur le pied de l'Anembar-Oula (Montagnes de Yarkend), et à gauche la silhouette du Kourouk-Tagh (Beï-Chan) se précise en se rapprochant de plus en plus. Entre le campement de Korot-Boulak (par 91° 25′ de long. E. environ) et Atchik-Khoudouk, situé à peu près à 150 verstes plus à l'Est, l'aspect du désert se modifie. Les marais salants cessent et la végétation des environs du Lob-Nor reparaît peu à peu. Le Kourouk-Tagh présente des versants escarpés. Vers Atchik-Khoudouk, la plaine qui correspond au prolongement du Lob-Nor se rétrécit beaucoup. Enfin, les langues de sable que le Koum-Tagh projette vers le Nord atteignent les avant-monts du Beï-Chan et ferment la dépression du côté de l'Est. Kozlov appelle cette dépression la « Vallée des Chameaux sauvages »[1].

A partir de là, Kozlov a gagné au Sud-Est Sa-tchéou, à travers les sables. Mais continuons en suivant la direction de l'Est. Les sables, en butant au Nord contre le Beï-Chan, ont constitué un faîte qui sépare les cours d'eau du Nan-Chan nord-occidental des tributaires du Lob-Nor et du Yarkend-Daria. A l'Est, au delà de cette ligne de partage, on voit bientôt reparaître une série de petits lacs; enfin se présente la vaste région, parsemée de lacs et de marais, à laquelle on donne le nom de Khalatchi et qui reçoit les anciens affluents du Lob-Nor, désormais arrêtés, le Dan-Khé au Sud et le Souleï-Khé ou Bouloundsir à l'Est. Là, sur les rives basses du Khalatchi, au Sud, affleure du granite à amphibole [2].

1. P. Kozlov, *Le Lob-Nor*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXIV, 1898, p. 60-116, 2 cartes; voir surtout p. 90 et suiv.); Roborovsky, Ibid., p. 15.

2. D'après une observation de Kozlov, qu'a bien voulu me communiquer M. Obroutchev.

Ce pointement est la première indication d'une longue bande de roches archéennes que le Souleï-Khé (Bouloundsir) croise obliquement plus au Nord-Est, en amont d'An-si, sous la forme d'une arête rocheuse. Au Sud-Ouest, assez loin de là, cette arête se détache du versant nord de l'Anembar-Oula en formant une série de coulisses de peu de longueur, et c'est seulement au coude du Dan-Khé au-dessus de Sa-tchéou qu'elle paraît acquérir une certaine continuité. Mais à partir de ce point, elle se prolonge encore sur plus de 200 verstes au delà du Souleï-Khé, en suivant toujours une

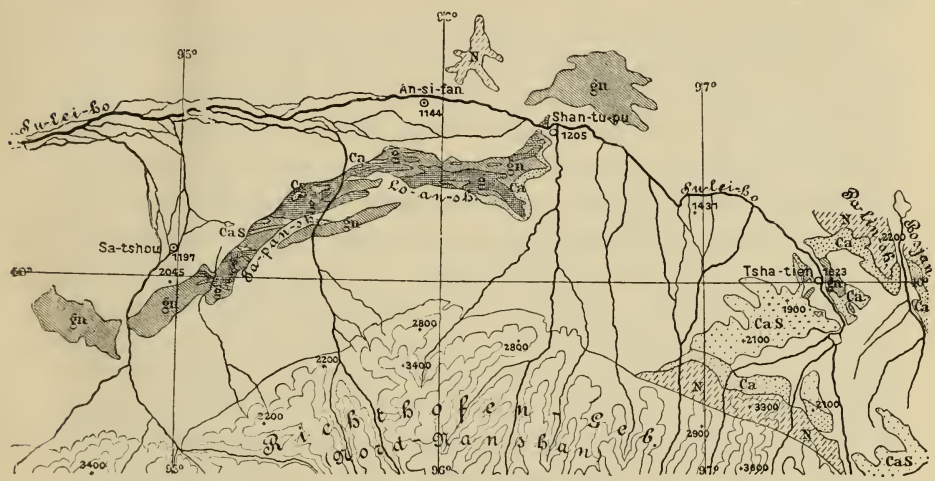


Fig. 22. — Environs d'An-si-fan, d'après Lóczy.

g, Granite, Diabase; *N*, Grès du Nan-Chan; *gn*, Gneiss, Micaschistes; *Ca*, Carbonifère; *CaS*, Grès supra-houiller. — Échelle de 1 : 2 400 000; hauteurs en mètres.

direction parallèle à celle des branches de l'Anembar-Oula (E.N.E.), jusqu'au voisinage immédiat du pied méridional du Beï-Chan.

Je n'ai pas à ma disposition de nom d'ensemble pour cette longue arête rocheuse; Lóczy appelle les parties septentrionales, jusqu'au Souleï-Khé, Ta-pan-Chan et Lo-an-Chan; la carte russe à l'échelle de 40 verstes au pouce donne aux mêmes massifs le nom de *San-sian-tsy*. Michaelis les a le premier visités, et les échantillons de roches qu'il en a rapportés ont été décrits par Steuer [2].

1. Cette figure, comme l'indique le texte, devrait être modifiée dans plusieurs de ses détails conformément aux observations subséquentes; c'est toutefois la seule carte géologique que je connaisse d'une partie du San-sian-tsy.

2. H. Michaelis, *Von Hankau nach Sutschou. Reisen im mittlern und westlichen China, 1879-81* (Petermanns Mitteil., Ergänzungsheft Nr. 91), 58 p., 3 cartes, 1888; A. Steuer a décrit des micaschistes chloriteux provenant de ces amas de rochers nus,

D'après Lóczy, cette chaîne est formée de rochers nus et fendillés dont le point culminant (2045 m.) se trouve au-dessus de Sa-tchéou; vers le Nord, elle domine de 300 à 400 mètres le pays environnant, qui est aride et tout encombré de débris, tandis qu'au Sud elle s'abaisse en pente douce. Sur les bords du Souleï-Khé, en amont d'An-si, elle est constituée par des gneiss gris, des schistes amphiboliques, des micaschistes et des calcaires cristallins, percés de filons de granite et de diorite quartzifère ; les directions varient entre E.-W. et N. 60 à 70° E. Un grès ancien s'adosse au versant sud-est[1].

Obroutchev a décrit les tronçons qui s'élèvent au Nord du Souleï-Khé. Ce sont les mêmes schistes et grès anciens que Lóczy a trouvés sur le versant oriental; direction N. 50 à 60° E., correspondant à celle de la chaîne elle-même. Ensuite, à l'Ouest de son extrémité N. E., on aperçoit encore un groupe de collines sombres ; la nappe de débris qui les recouvre consiste en porphyrite à hornblende. Elles sont situées à peu de distance du talus d'éboulis de la bordure méridionale du Beï-Chan, le Poustynnii Khrébet ou « Montagne Déserte ». Encore un peu plus à l'Ouest et presque aussi près du Beï-Chan se montre un large massif archéen dénudé, dans lequel les gneiss et les schistes quartzeux prédominent et où les directions paraissent osciller entre N. 70° et 100° E. Ce massif forme un plan incliné, tout comme son prolongement au Sud du Souleï-Khé, descendant doucement vers le Sud et coupé brusquement vers le Nord, comme s'il avait été séparé du Beï-Chan par une large déchirure dont le désert occuperait l'emplacement. Le pied sud du Beï-Chan, dans cette partie de son tracé, n'est pas une ligne droite, mais présente une série de baies et de promontoires ; à deux verstes de sa base, où le talus d'éboulis commence déjà à se relever, l'altitude est de 1 420 mètres[2].

C'est ainsi que se comportent au voisinage l'un de l'autre le San-sian-tsy, coulisse extrême de l'arc de Yarkend au Nord-Est, et le Beï-Chan. Les dépressions comprises entre les derniers contreforts du San-sian-tsy sont aujourd'hui occupées par des marais

dans ses *Mittheilungen über Gesteine aus den chinesischen Provinzen Kansu, Schensi, Hupe und Honan* (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. X, 1895-96, p. 477-494; en particulier p. 489).

1. *Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Reise des Grafen* Béla Széchenyi *in Ostasien 1877-1880*. Nach dem im Jahre 1890 erschienenen ungarischen Originale. In-4°, I, Wien, 1893, atlas in-folio; *Beschreibung der geologischen Beobachtungen und deren Resultate*, von L. v. Lóczy, p. 499-559, etc.

2. Obroutchev, *L'Asie Centrale*, etc. I, p. 598-613, itinéraire n° 8.

salants, mais les ruines de tours-frontières ou de temples et les canaux d'irrigation desséchés témoignent d'une antique prospérité. C'est une région où l'homme recule devant les forces de la nature.

8. Loun-Chan. — En avant du pied nord du Nan-Chan s'étend une dépression allongée. Vers le Nord, elle est séparée par une chaîne de montagnes du désert de sable de l'Ala-Chan. Les cours d'eau qui descendent des névés et des glaciers du Nan-Chan, et en particulier les affluents de l'Edzin-Gol, arrosent cette dépression avant de traverser la chaîne du Nord et de se perdre dans le désert. Cette chaîne a reçu un grand nombre de noms; dans le langage des habitants du pays elle est connue surtout sous celui de Beï-Chan, c'est-à-dire « Montagnes du Nord », par opposition au Nan-Chan ou « Montagnes du Sud »; mais depuis longtemps déjà, F. von Richthofen a reconnu qu'elle n'est pas le prolongement direct du Beï-Chan au delà de l'Edzin-Gol. Certaines parties de cette chaîne s'appellent Pa-lin-Chan, Bo-Chan, Tsa-joui-gouan-Chan, etc.; le tronçon principal de l'Est est connu sous la dénomination de *Loun-Chan*, c'est-à-dire « Montagne du Dragon », dénomination que nous adopterons, suivant l'exemple d'Obroutchev, en l'étendant à la chaîne entière. Quant à la dépression comprise entre le Loun-Chan et le Nan-Chan, dépression dont la largeur, ordinairement très réduite, ne dépasse nulle part 60 verstes, elle forme la région des *Oasis du Kan-sou*.

Le Loun-Chan présente dans sa constitution deux caractères très frappants, qui se retrouvent l'un et l'autre dans les hautes chaînes du Nan-Chan.

Le premier, que Lóczy a signalé tout d'abord, est la discordance très générale et très nette du Carbonifère supérieur. Ce terrain est représenté à la fois par des couches riches en houille et par des couches marines, qui renferment une faune très abondante et absolument semblable à celle du Carbonifère supérieur d'Europe (*Spirifer mosquensis*, *Enteletes Lamarckii*, *Fusulina cylindrica*, etc.). Il a d'ailleurs subi depuis son dépôt des mouvements violents; dans le Loun-Chan, comme dans le Nan-Chan, plusieurs des lignes de dislocation maîtresses sont jalonnées par des lambeaux de Carbonifère supérieur contenant des bancs de houille[1].

1. L. von Lóczy. *Wissenschaftliche Ergebnisse der Reise des Grafen* Béla Széchenyi *in Ostasien 1877-1880*, III, in-4°, Wien, 1897 : *Beschreibung der fossilen Reste von Wirbelthieren und von Mollusken und die palaeontologisch stratigraphischen Ergebnisse;* voir notamment p. 207.

Le second caractère est la présence autour des montagnes d'une ceinture de couches fort épaisses de grès, de marnes et de conglomérats, rouges, jaunes ou brunes, la « série du Gobi », qui dans cette région arrive à une puissance de plusieurs milliers de pieds. Obroutchev a montré qu'en général ces couches faiblement inclinées, s'adossent contre les montagnes, mais que souvent néanmoins elles se montrent violemment disloquées, et non seulement affectées de failles, mais plissées. Les bancs de grès qui s'y intercalent rappellent parfois le grès supra-houiller.

A l'Ouest, à peu près suivant le méridien de la ville de Jouimyn, se détache du pied septentrional du Nan-Chan une large crête indépendante, désignée par Obroutchev sous le nom de Pestraïa Griada ou « Chaîne Bigarrée ». Elle est constituée par ces dépôts diversicolores de la série du Gobi[1]. D'après Obroutchev, leur allure au pied même du Nan-Chan est des plus tourmentées, et leur direction à travers la Pestraïa Griada, en allant vers Tcha-tien, devient ensuite N. 65° E., ce qui ne rappelle en rien le régime des hautes montagnes[2]. Près de Tcha-tien affleure du gneiss, dirigé N. 35 à 40° E.; il forme manifestement le substratum de la Pestraïa Griada et de toute la chaîne traversant la dépression. Lóczy supposait que ce gneiss représente un « avant-poste » des roches archéennes du Ta-pa-Chan (San-sian-tsy). En fait, sa direction correspond à celle de l'Anembar-Oula, et non à celle du Nan-Chan[3].

A environ 30 ou 40 verstes au S.E. de Tcha-tien, Obroutchev a traversé cette chaîne à l'Est du Palin-Chan. On n'y voit guère que des traces de terrains anciens; des conglomérats puissants et des grès appartiennent probablement au grès supra-houiller. Dans la partie sud-ouest des montagnes, la direction tend à devenir E.-W. ou même W.N.W., tandis qu'au Nord-Est on trouve la direction N. 45 à 80° E. A une distance de 25 verstes environ, on voit des schistes et des grès métamorphiques affectés de plis très aigus, parfois même, à ce qu'il semble, renversés vers le Nord, et percés de filons de porphyre syénitique. Mais en ce point, la direction a déjà tourné à l'W.N.W. et au N.W. La chaîne devient alors une simple crête, dont la Grande Muraille longe le pied sud jusqu'au voisinage du Lin-Tchoui, tributaire de l'Edzin-Gol. Sur les bords de

1. Sur la fig. 22, ces dépôts ont été désignés par le symbole CaS (Grès supra-houiller), conformément à l'interprétation admise tout d'abord.

2. Obroutchev, *L'Asie Centrale,* I, p. 581.

3. L. von Lóczy, *Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Reise des Grafen* Béla Széchenyi *in Ostasien,* I, p. 554, 644, 662 (Toung-hoan-hsien = Sa-tchou).

ce cours d'eau, on voit un calcaire cristallin avec paillettes de graphite et filons d'aplite, puis du gneiss granitoïde dirigé 310° N.W.[1].

Ainsi, le Loun-Chan a acquis dans cette région la direction maîtresse du Nan-Chan, et il la conserve sur une grande distance en formant la bordure septentrionale de la région des oasis du Kan-sou. De petits chaînons secondaires s'adossent au versant sud-ouest; le massif devient plus large et plus élevé.

Près de Chan-dan-sian, à environ 230 verstes à l'E.S.E. du Lin-Tchoui, la chaîne principale du Loun-Chan est constituée par un anticlinal redressé de Carbonifère, qui forme au Nord les croupes les plus élevées, et au Sud par quatre bandes parallèles de schistes verts s'appuyant sur ce pli, avec quelques filons granitiques, bandes

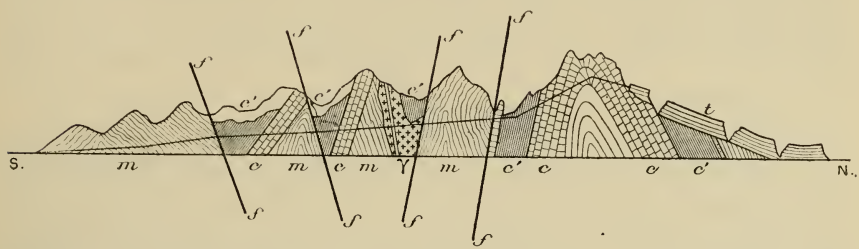


Fig. 23. — Coupe du Loun-Chan, près de Chan-dan-sian (Kan-sou), d'après Obroutchev (*L'Asie Centrale*, etc., I, p. 553, fig. 106).

m, Schistes verts métamorphiques; γ, Granite; c, c', Terrain carbonifère; t, Dépôts du Gobi; f, f, Failles.

qui sont séparées les unes des autres par des bandes de Carbonifère et qui s'abaissent vers le Sud (fig. 23). Cette chaîne représente une région de plis très aigus, et il faut laisser ouverte la question de savoir si ces bandes parallèles résultent de failles en gradins, rejetant les couches en profondeur vers le Sud, ou s'il n'y a pas là plutôt un exemple de structure imbriquée.

La direction d'ensemble de la chaîne s'oriente vers l'W.N.W. ou le N.W., de même que celle de l'anticlinal du Nord et de toutes les bandes carbonifères. Mais l'on constate que le Carbonifère recouvre les schistes verts en discordance et que ceux-ci devaient être déjà plissés avant son dépôt; leur direction dans la bande du Nord, qui est la plus importante, est tout à fait opposée à celle du Carbonifère : au début, elle est N. 45° E., puis, vers le Sud, elle se rapproche davantage de E.-W., allant jusqu'à N. 87° E.; dans les bandes du Sud, elle oscille entre E.-W. et W.N.W.

1. Obroutchev, *L'Asie Centrale*, I, p. 589 et suiv.; pour la coupe du Lin-Tchoui, I, p. 566 et suiv.

A partir du Nord, en venant du désert de l'Ala-Chan, les lambeaux transgressifs à peu près horizontaux de la série du Gobi montent sur les pentes du Loun-Chan; d'après les observations d'Obroutchev, ils s'élèvent ainsi assez haut pour dépasser l'altitude du col qui franchit le Loun-Chan (2320 m.)[1].

A l'Est du tronçon dont nous venons de parler, le nombre des chaînons secondaires parallèles au Loun-Chan se multiplie sur le versant du Sud (Sin-Khé-Chan, Fin-Chan, Bao-bou-dan-Chan); ils ont tous la même structure que la chaîne principale, et c'est seulement dans le plus méridional d'entre eux, celui qui pénètre le plus avant dans la région des oasis du Kan-sou et qui est en même temps le plus élevé, le Teï-Khouan-Chan, qu'affleure du gneiss granitoïde, représentant la roche la plus ancienne du Loun-Chan. Dans ces avant-monts règne partout la direction N.W. ou W.N.W.; la transgression du Carbonifère supérieur est très frappante. —

A une centaine de verstes à l'E.S.E. de la coupe de Nan-dan-sian, au Nord de la ville de Yuen-tchen-sian, qui est située à peu près à mi-chemin de Lian-tcheou, les avant-chaînes méridionales du Loun-Chan ont disparu ou elles se sont réunies à la chaîne principale. Le Fin-Chan court au Nord de Yuen-tchen-sian et n'est séparé du Loun-Chan que par une étroite vallée, où passe la Grande Muraille. Là, le Fin-Chan est formé de grès anciens avec filons de porphyre syénitique et de granite, tandis que dans le Loun-Chan le granite prédomine; il n'est pas sûr que cette roche soit d'âge archéen. La direction des terrains, de même que celle des chaînons, est toujours W.N.W. ou N.W.[2]

Enfin, grâce à la persévérance d'Obroutchev, nous pouvons encore nous rendre compte de ce que deviennent les prolongements du Loun-Chan sur le cours du Da-Khé, en aval de Lian-tcheou, à 80 verstes environ de Yuen-tchen-sian vers l'E.S.E. et à plus de 550 verstes du point où les chaînons du Loun-Chan viennent toucher le pied septentrional du Nan-Chan, à la Pestraïa Griada.

Dans cette partie du Loun-Chan, la plus avancée vers l'E.S.E., il semble d'après la carte que la chaîne ait subi, dans la direction des montagnes du Hoang-ho, une déviation analogue à celle que les faisceaux septentrionaux du Beï-Chan éprouvent sur l'Edzin-Gol. En

1. Obroutchev, *L'Asie Centrale,* I, p. 526 et suiv., notamment p. 533, fig. 106 : coupe du Chan-dan-sian.

2. Obroutchev, *L'Asie Centrale,* I, p. 512 et suiv.

fait, dans le prolongement normal du Fin-Chan et du Loun-Chan vers l'E.S.E., sur les bords du Da-Khé, au Nord de Lian-tchéou, Obroutchev n'a pas trouvé de montagnes, et c'est seulement bien plus loin, près de la ville de Tchen-fan, qu'apparaissent les premiers contreforts, ayant l'aspect d'arêtes recouvertes de débris et entourés des « Barkhanes » (dunes de sable) de l'Ala-Chan.

Le premier, le *Koun-ngé-Chan*, comprend de nombreuses croupes de longueur variable, alignées à l'W.N.W., qui se prolongent également à l'Est du cours d'eau; on y observe un calcaire brun foncé; l'allure des couches est incertaine, peut-être se dirigent-elles E.-W. ou E.N.E. Dans les débris, on voit des traces des dépôts du Gobi et des fossiles carbonifères douteux. La seconde crête, qui est la dernière vers le Nord, le *Loïé-Chan*, dont la hauteur relative ne dépasse pas 120 mètres (altitude du fond de la vallée : 1 430 m.), s'aligne de même vers l'W.N.W. [1].

En somme, on peut dire que le Loun-Chan est une chaîne de montagnes dirigée W.N.W. ou N.W., qui s'introduit entre le Beï-Chan et le Nan-Chan comme une coulisse parallèle, mais qui diffère du Beï-Chan par la déviation de son extrémité occidentale, au delà de Tcha-tien et de la Pestraïa Griada, dans le sens des Montagnes de Yarkend, c'est-à-dire au S.W.

9. Pied nord du Nan-Chan. — La chaîne puissante des Monts Richthofen, qui forme la bordure septentrionale de tout le Nan-Chan, n'est nullement limitée vers le Nord, c'est-à-dire vers les oasis du Kan-sou, par un trait simple et continu. Il n'y a rien au Nord du Nan-Chan qui se puisse comparer à la zone de Flysch ou de Mollasse des Alpes septentrionales, des Carpathes et de l'Apennin, ou aux montagnes de Flysch de l'Arrakan en Birmanie, ou aux Monts Siwalik au pied sud de l'Himalaya. On ne voit rien non plus qui rappelle le bord interne, découpé par des cassures, d'un grand arc montagneux; l'on aperçoit çà et là, au contraire, des avant-chaînes dirigées W.N.W. ou N.W., et par conséquent parallèles aussi bien à la chaîne principale des Monts Richthofen qu'aux avant-chaînes du Loun-Chan qui lui font face au Nord. L'on conçoit donc que Lóczy ait eu l'impression que le Ho-jen-Chan (partie médiane du Loun-Chan) était une simple avant-chaîne du Nan-Chan [2].

1. Il y a lieu de remarquer ici que la position de la ville de Tchen-fan, telle que l'indiquent les cartes, est inexacte.

2. L. von Lóczy, *Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Reise... in Ostasien*, I, p. 637.

A l'E.S.E. d'At-sa-kou, c'est-à-dire du point où le Loun-Chan occidental vient se rattacher au pied nord des Monts Richthofen, ces derniers sont constitués sur une assez grande longueur par des schistes et grès anciens dirigés W.N.W. ou N.W. A environ 70 verstes de cette jonction, l'avant-chaîne Tchin-tou-Chan est formée de Carbonifère et de grès supra-houillers dirigés de même, plissés, mais dont les bancs plongent partout au S.W., c'est-à-dire vers la haute montagne. Encore fort loin de là, sur le bord de la plaine, les couches du Gobi elles-mêmes continuent à présenter des pendages de 60 à 65° dans le même sens. Obroutchev suppose qu'il y a là un renversement de toute la série des terrains vers le N.E.[1]

Plus à l'E.S.E., à environ 90 verstes de ce point, près de Tsin-

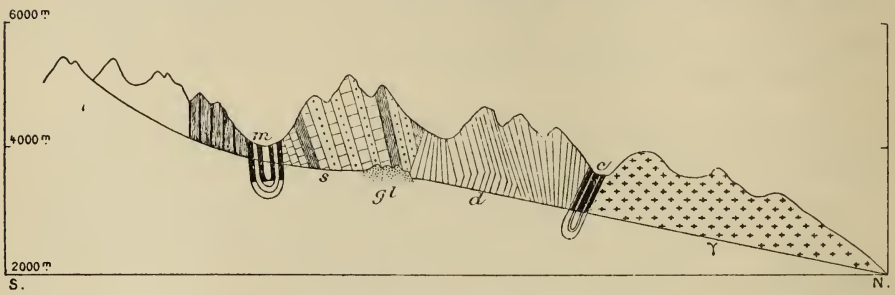


Fig. 24. — Coupe du versant nord des Monts Richthofen par la vallée du Da-Khé, d'après Obroutchev (*L'Asie Centrale*, etc., II, p. 151, fig. 127).

γ, Granite; *s*, Silurien ?; *d*, Dévonien; *c*, Carbonifère; *m*, Couches mésozoïques ? *gl*, Moraines. Échelle des longueurs 1 : 500 000; hauteurs 1 : 125 000.

fo-sy, où le Da-Khé sort des Monts Richthofen (fig. 24), on voit un large massif granitique monter rapidement, du bord de la plaine, à une grande hauteur; du côté du Sud, ce massif est séparé de chaînes plus élevées encore par une bande de terrain carbonifère contenant de la houille et pincée dans les roches antérieures[2].

En continuant sur une distance d'une centaine de verstes dans la direction de l'E.S.E., on atteint un groupe serré d'avant-chaînes, le Din-in-pa-pan-Chan, qui, en s'avançant vers Gao-taï, rétrécit la dépression des oasis du Kan-sou, dont la largeur ne dépasse plus guère 25 verstes. Ce groupe se termine vers le Nord par une série de cassures en gradins très nettes, qui ramènent au jour trois fois de suite un grès ancien, le calcaire carbonifère, des couches de houille et un porphyre accompagné de tufs[3].

1. Obroutchev, *L'Asie Centrale*, II, p. 240.
2. Obroutchev, *L'Asie Centrale*, II, p. 147, 151.
3. Obroutchev, *L'Asie Centrale*, I, p. 545.

A environ 80 verstes plus à l'E. S. E., vers Nan-kou-tchan, où le pied des montagnes a reculé et où la plaine a repris une grande largeur, les couches sont inclinées vers l'intérieur de la chaîne ; un granite (ou porphyre?) affleure au milieu d'une série paléozoïque ancienne, sur laquelle le Carbonifère supérieur repose en discordance [1].

A peu de distance à l'Est de cette localité se montre au pied des montagnes une large zone de mélaphyre, avec des tufs et des brèches; elle est également bordée au Sud par du Carbonifère contenant de la houille [2].

Cette extrême diversité permet de supposer que le bord septentrional du Nan-Chan ne répond pas à une ligne tectonique homogène. Ce bord suit, il est vrai, la direction générale du Nan-Chan ; les avant-chaînes suivent aussi cette direction, et il en va de même pour les avant-chaînes du Loun-Chan et le Loun-Chan lui-même. Il est possible que l'aspect actuel de la dépression des oasis du Kan-sou et sa largeur variable résultent, du moins en grande partie, d'un affaissement irrégulier, linéaire, suivant des cassures longitudinales.

10. Limite occidentale du Nan-Chan. — Ces montagnes puissantes sont limitées au Nord-Ouest par des chaînes qui font partie des Montagnes de Yarkend (Kouen-lun occidental), c'est-à-dire par l'Altyn-Tagh, l'Anembar-Oula et leurs coulisses latérales. C'est ainsi que Lóczy et Bogdanovitch ont interprété l'état des choses, et ce qui a été dit plus haut sur la direction et le rôle de la croupe gneissique du San-sian-tsy confirme la justesse de cette interprétation. Au Nord-Est, du côté des oasis du Kan-sou, il n'existe pas de limite tectonique homogène, comme nous l'a montré l'examen du versant nord des Monts Richthofen. Au Sud-Ouest, on peut faire passer une limite, si l'on veut, par le Koukou-Nor, ou par le Chaltyn-Gol et la plaine de Syrtyn, ou par la bordure septentrionale du Tsaïdam; toutes ces limites sont également arbitraires, elles ne peuvent être admises qu'en vue de faciliter l'exposition et aucune n'est fondée dans la nature, car la direction des faisceaux de plis ne change guère jusqu'aux Monts Prjévalsky, et la déviation ne se fait même sentir plus au Sud que d'une façon très graduelle. Au Sud-Est, on ne trouve pas davantage de limite, et d'ail-

1. L. von Lóczy, *Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Reise... in Ostasien*, I, p. 543, 544 (d'après les fig. 65 et 66).
2. Obroutchev, *L'Asie Centrale*, II, p. 144.

leurs, à ma connaissance, on n'a jamais essayé d'en tracer de ce côté.

La feuille XXI de la carte russe à l'échelle de 40 verstes au pouce, dressée par le colonel Bolchev, donne un bon tableau des conditions hypsométriques qui règnent dans l'Ouest de cette région.

Le Lob-Nor est encore à 2 550 pieds anglais d'altitude [777 m.]; puis, vers le Sud, les cimes de l'Altyn-Tagh montent immédiatement à 13 000 pieds [4 000 m. environ] et même davantage, mais au delà de l'Altyn-Tagh les cotes ne redescendent pas dans la même mesure; la plaine du Tsaïdam ne s'abaisse pas au-dessous de 8 800 pieds [2 680 m.] et se maintient presque partout au-dessus de 9 200 pieds [2 800 m.]; la plaine de Syrtyn est au-dessus de 9 400 pieds [2 865 m.], et au Sud du Tsaïdam la plaine des deux lacs Koum-Koul se trouve à plus de 13 000 pieds [4 000 m. environ].

Revenons à la cote 2 550 pieds [777 m.] du Lob-Nor et suivons vers l'E.N.E. la route de Kozlov, précédemment décrite, qui longe au Sud le Beï-Chan. Peu à peu, le sol s'élève jusqu'à 2 720 pieds [830 m.]. Au delà de la ligne de partage des eaux formée par les sables, le lac Chalatchi est à 3 500 pieds [1 000-1 100 m.]; mais aussitôt que le San-sian-tsy est franchi, au delà d'An-si, nous nous trouvons à plus de 5 000 pieds [1 500 m.], et tout le territoire situé au Sud de Sa-tcheou, entre le San-sian-tsy et les prolongements de l'Anembar-Oula, de même que toute la région des oasis du Kan-sou, d'autre part, sont au-dessus de 5 000 pieds [1 500 m.].

Au-dessus des oasis du Kan-sou, les crêtes et les sommets des Monts Richthofen se dressent à 20 000 pieds au moins [6 000 m.], mais au Sud de cette chaîne, toutes les vallées du Nan-Chan se maintiennent très haut; la surface du Koukou-Nor est à 10 500 pieds [3 060 m.] et celle du Khara-Nor, découvert par Roborovsky, à environ 12 000 pieds [3 650 m.]. Au delà du Nan-Chan, on atteint la haute région des chaînes tibétaines où, sur de vastes espaces, aucun point ne s'abaisse au-dessous de 15 000 pieds [4 500 m. environ].

Cet énorme gonflement du sol, limité au Sud-Ouest par la dépression du Yarkend-Daria et du Lob-Nor et resserré au Nord-Est par la dépression de l'Ordos, est une sorte d'intumescence, composée de plis nombreux et très rapprochés plus ou moins parallèles. Des oasis du Kan-sou au Tsaïdam, ces plis suivent la direction W.N.W., sauf vers leur bordure extrême à l'Ouest. Une large vallée, occupée par le Koukou-Nor et le domaine fluvial du Boukhaïn-Gol, puis par le Khara-Nor, et dont nous venons de signaler l'altitude considérable, divise ces chaînes dans le sens de la lon-

gueur en deux groupes, un groupe septentrional et un groupe méridional. La séparation est d'ailleurs incomplète, car au Nord-Ouest et au Sud-Est, les chaînes se rapprochent si bien que la vallée intermédiaire demeure privée d'écoulement.

La largeur du Nan-Chan entre le bord septentrional du Tsaïdam et le bord méridional des oasis du Kan-sou est égale à la largeur des Alpes entre Biella et Fribourg, et l'on peut dire que toute la région désignée ordinairement sous le nom de Nan-Chan correspond à peu près en étendue aux Alpes Suisses. L'altitude plus forte des chaînes a pour contre-partie une hauteur plus grande des fonds de vallées, ce qui atténue les différences de niveau à l'intérieur de la région montagneuse, mais l'observateur ne s'en trouve que plus rapproché de la limite des neiges éternelles.

De Prjévalsky à Roborovsky, des explorateurs nombreux et hardis ont contribué à fixer la topographie de cette région montagneuse[1], mais jusqu'à présent il n'y a que deux géologues compétents qui l'aient parcourue. Le premier fut Lóczy, dont les recherches, en dehors de la bordure septentrionale, ont surtout porté sur l'itinéraire de Lan-tchéou à Lian-tchéou, sur la vallée du Si-ning et le Sud-Est du pays. A sa suite est venu Obroutchev, qui étudia plusieurs coupes à travers les chaînes du Nord et dans une longue expédition, franchit toutes les chaînes au voisinage de leur extrémité nord-ouest; suivant alors leur direction, il atteignit au Sud du Koukou-Nor le champ d'études de Lóczy, pour regagner ensuite, en traversant l'Est des chaînes, les oasis du Kan-sou.

Malgré leur intérêt, on le conçoit sans peine en songeant à l'étendue et à la nature du pays, ces explorations ne peuvent être regardées que comme de premières reconnaissances. Il faut avouer, en particulier, que le centre du Nan-Chan, c'est-à-dire le pourtour du Khara-nor et du domaine fluvial du Boukhaïn-Gol, à l'exception de la bordure méridionale du Koukou-Nor, est à peu près complètement inconnu au point de vue géologique. Mais comme Obroutchev a traversé les hautes chaînes de l'Ouest et que celles de l'Est, grâce aux efforts combinés de plusieurs voyageurs, sont connues dans une certaine mesure, on peut dès à présent constater que malgré certaines déviations locales très remarquables, sur

[1. Voir l'article de J. Deniker, *Les Explorations Russes en Asie Centrale (1871-1895)*, I (Annales de Géogr., VI, 1897, p. 408-430, pl. XI : carte), et la *Carte de l'Asie Centrale* dressée par F. Grenard et J. Hansen, 1899 (dans J. L Dutreuil de Rhins, *Mission scientifique dans la Haut-Asie*, Atlas des cartes, in-folio, Paris, 1898).]

lesquelles nous reviendrons, l'allure des chaînes, aux deux extrémités du Nan-Chan, correspond assez exactement, dans l'ensemble, à la direction des terrains.

Sur le méridien de Sou-tchéou s'élèvent, entre les oasis du Kansou et la vallée longitudinale du Koukou-Nor, quatre hautes chaînes, dirigées uniformément W.N.W. Ce sont : les Monts Richthofen, le Tolaï-Chan, les Monts Alexandre III et une quatrième chaîne peu connue, qui est séparée de la précédente par la vallée supérieure du Sou-leï-Khé. Dans le prolongement des Monts Alexandre à l'W.N.W. ou un peu au Sud de cet alignement se dresse le Da-sioué-Chan[1].

Les *Monts Richthofen* ont là 50 ou 60 verstes de largeur et se

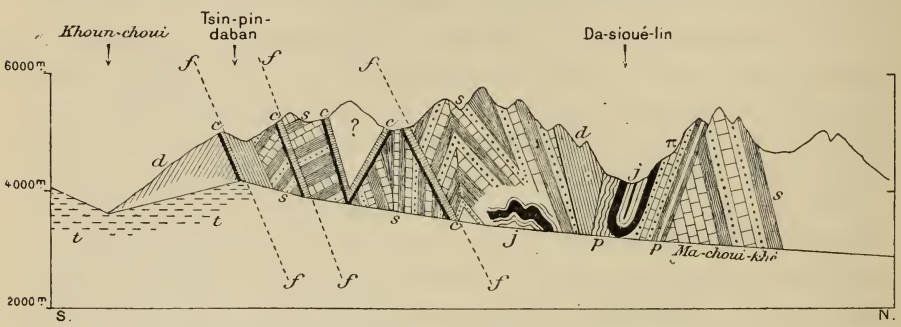


Fig. 25. — Coupe des Monts Richthofen au Tsin-pin-daban, d'après Obroutchev (*L'Asie Centrale*, etc., II, p. 164, fig. 130).

s, Silurien?; *d*, Dévonien; *p*, Schistes ardoisiers et quartzites; *c*, Carbonifère inférieur; *π*, Tufs porphyriques; *m*, Couches mésozoïques?; *t*, Dépôts du Gobi; *f*, *f*, Failles. — Échelle des longueurs 1 : 500 000; hauteurs 1 : 125 000.

divisent en plusieurs faisceaux de plis, dont le premier dépasse sans doute 20 000 pieds [6 000 m.]. Son pied septentrional, près de Tsin-fo-sy, au Sud-Est de Sou-tchéou, nous a montré un culot granitique, mais quoique le granite s'élève rapidement, il ne pénètre pas très avant dans les montagnes. Il est suivi d'une bande

1. V. Obroutchev. *Esquisse orographique du Nan-Chan*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXX, 1894, p. 42-112, carte); *Esquisse du Nan-Chan Central*, r. (Ibid., p. 709-734, carte); *Orographie de l'Asie Centrale et de sa bordure sud-est*, r. (Ibid., XXXI, 1895, p. 253-344; en particulier p. 316-331; avec 2 cartes schématiques du Nan-Chan par Obroutchev et Roborovsky). Voir aussi Obroutchev, *L'Asie Centrale*, *le Nord de la Chine et le Nan-Chan*, *passim*. La vallée du Tatung-ho, de Lóczy = Chagryn-gol, Obroutchev. Roborovsky distingue auprès de cette dernière le Mo-mo-Chan du Ma-ling-Chan; le Chaji-Chan, L. = Amasourgou forme, avec le chaînon granitique et gneissique qui s'y rattache à l'Ouest, sur la carte d'Obroutchev, les Monts Lóczy et les Monts Potanin, que la carte en question rattache à la chaîne méridionale du Koukou-Nor; Maja-Chan et Wuso-ling, L. = Mo-mo-Chan, Obr. et Rob. (en partie); Tetoung septentrional, Prjévalsky = Tolaï-Chan, Obr. et Rob.; Tetoung méridional, Prjév. = Tsin-chi-ling, Obr. et Rob.

inclinée au S. W. de Carbonifère supérieur avec couches de houille, puis de Carbonifère inférieur à *Productus striatus*, d'un grès rouge et vert dévonien, enfin de quartzites et de calcaires probablement siluriens. Avant que la série des premiers sommets soit atteinte, les couches s'inclinent déjà vers le Nord et toutes les crêtes des Monts Richthofen peuvent être considérées comme des plis très serrés de terrains paléozoïques analogues, redressés verticalement ou renversés vers le Sud (fig. 25). Il semble y avoir également production d'écailles. Peut-être quelques-unes des bandes charbonneuses appartiennent-elles à la série de l'Angara. Au col le plus méridional, appelé Tsin-pin-Daban (4 220 m.), et même plus haut que ce passage, les couches du Gobi viennent buter en discordance contre le pied sud des Monts Richthofen; elles plongent parfois sous une très forte inclinaison vers la vallée du Khoun-tchoui, qui forme la limite du côté du Tolaï-Chan.

A environ 100 verstes plus à l'W.N.W., Obroutchev a retrouvé cette zone des dépôts rouges du Gobi, affectant, de part et d'autre de la vallée de Bei-yan-Koï, l'allure d'un pli synclinal avec plongement de 60° et davantage. Ici encore, ce synclinal récent doit être considéré comme formant la limite entre les Monts Richthofen et le Tolaï-Chan; il montre que les Monts Richthofen se rétrécissent notablement vers l'W.N.W., et l'on peut croire qu'une partie de leurs chaînons septentrionaux disparaissent l'un après l'autre, comme des coulisses, dans cette direction.

Plus loin encore à l'W.N.W., sur le cours moyen du Sou-leï-khé, on trouve dans la série paléozoïque des Monts Richthofen des grès rouges et verts, au milieu desquels s'intercalent des bancs contenant des fossiles du Dévonien moyen[1]. Du côté du Sud s'ouvre la vaste plaine de l'oasis de *Tchou-ma-er*. Elle est bordée au Sud par le Tolaï-Chan et entourée d'une ceinture rouge et jaune de dépôts du Gobi : ce n'est pas autre chose que l'extrémité élargie de la grande bande, affectant en partie l'allure d'un synclinal, que nous avons suivie depuis le col du Tsin-pin-Daban, à la limite entre les Monts Richthofen et le Tolaï-Chan. Elle est traversée d'un bord à l'autre par le cours moyen du Sou-leï-khé.

Au delà de ce cours d'eau, les Monts Richthofen, qui ont perdu encore davantage en largeur, changent de direction, décrivent une grande courbe au Nord et à l'Ouest de l'oasis de Tchou-ma-er et finissent par tourner complètement à l'W.S.W. *Ce tronçon monta-*

1. *Rhynchonella alinensis* (d'après Tschernyschew); Obroutchev signale dans une autre localité *Spirifer elegans* et *Sp. Anosoffi* (*L'Asie Centrale*, II, p. 9, 10).

gneux dévié forme sous le nom de Chi-bao-Chan la première coulisse de l'Anembar-Oula. Cette coulisse est située à l'Est de la chaîne gneissique du San-sian-tsy, dont il a déjà souvent été question, et qui accompagne comme une sorte de contrefort l'Anembar-Oula.

Il est facile de remarquer que cette inflexion des Monts Richthofen est analogue à celle que subit le Loun-Chan à l'approche de la Pestraïa Griada. En outre, elle enveloppe complètement l'extrémité de la seconde chaîne du Nan-Chan, le Tolaï-Chan, qui s'est décomposé en une série de massifs peu élevés.

Le *Tolaï-Chan* se présente sous le méridien de Sou-tchéou (fig. 26) comme une chaîne assez étroite, mais qui, de même que les Monts Richthofen, dresse ses cimes bien au-dessus de la ligne des neiges (dont l'altitude est de 4400 ou 4600 mètres dans cette

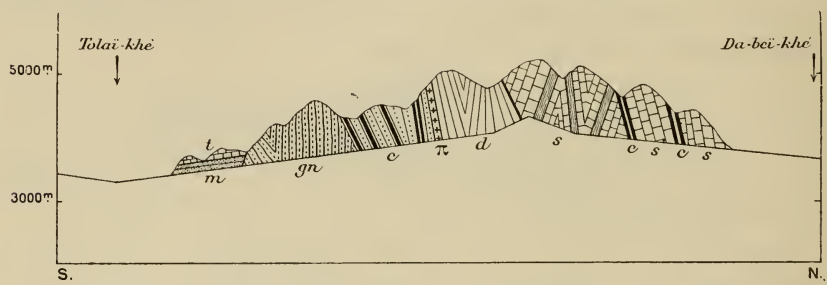


Fig. 26. — Coupe du Tolaï-Chan suivant le méridien de Sou-tchéou, d'après Obroutchev (*L'Asie Centrale*, etc., II, p. 178, fig. 132).

gn, Gneiss; *s*, Silurien ?; *d*, Dévonien; *c*, Terrain houiller; *m*, Grès supra-houiller; *t*, Dépôts du Gobi; π, Filon de picrite. — Échelle des longueurs 1 : 250 000; hauteurs 1 : 125 000.

région). Elle se distingue de la précédente par l'affleurement d'une zone de gneiss sur sa bordure méridionale. L'allure des couches, d'après la description qu'en a donnée Obroutchev, y est très singulière : dès que l'on a traversé, en venant du Nord, la bande séparative des dépôts du Gobi, on observe de violents plissements dans la série paléozoïque, qui est très épaisse. Localement se présente la direction N.E. ou N.N.E.; puis les terrains reprennent l'orientation dominante W.N.W., et enfin l'étage le plus récent, le Carbonifère avec couches de houille et calcaire à Fusulines, repose sur le gneiss. L'impression que donne la coupe en ce point est bien moins celle d'une transgression du Carbonifère supérieur sur le gneiss que d'un renversement, dirigé vers le Sud, de toute la série des couches paléozoïques sur la bande gneissique.

Une seconde coupe transversale (fig. 27), menée à environ 50 verstes à l'W.N.W. de la première, permet de constater que la bande gneissique du Sud a augmenté considérablement de largeur

et qu'encore à 4530 mètres les glaciers charrient du gneiss venant des sommets. Ici, le gneiss prend part à la constitution des cimes, ce qui est une exception dans le Nan-Chan septentrional.

Si nous examinons cette coupe d'après les données d'Obroutchev, en partant toujours du Nord, nous trouvons d'abord, au Sud du synclinal séparatif de dépôts du Gobi, deux bandes de mélaphyre avec tufs et brèches qui sont superposées aux terrains paléozoïques. Elles correspondent à deux cassures en gradins. Puis vient la série des grands plis paléozoïques de la première coupe. Près de leur bord sud, le col Tyé-Daban (4470 m.) se montre formé de grès supra-houiller, et au voisinage de la limite avec le gneiss, des fossiles du Carbonifère moyen et supérieur ont été recueillis. Mais tandis que la direction normale W.N.W. ou N.W. avait prédominé

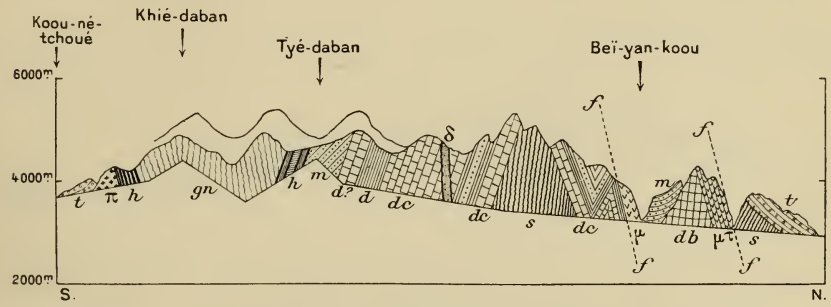


Fig. 27. — Coupe du Tolaï-Chan,
d'après Obroutchev (*L'Asie Centrale*, etc. II, p. 225, fig. 141).

gn, Gneiss; *s*, Schistes métamorphiques; *d b*, Brèches dévoniennes; *d c*, Calcaires dévoniens; *d*, Dévonien; *h*, Terrain houiller; *m*, Grès supra-houiller; *t*, Dépôts du Gobi; δ, Diorite; τ, Tufs porphyriques; μ, Mélaphyres; μ τ, Tufs mélaphyriques; *f*, *f*, Failles. — Échelle des longueurs 1 : 500 000 environ; hauteurs 1 : 150 000.

jusque-là, l'allure des couches, avant d'atteindre la limite du gneiss, devient très irrégulière, on y observe même les directions N.N.E. et N.-S. Au gneiss sont associés des schistes amphiboliques et de multiples intercalations de calcaire rubanné (direction N.W. 295°; inclinaison, forte, N.E.).

Mais au delà de la zone gneissique, vers le bord sud du Tolaï-Chan, le Carbonifère reparaît, cette fois avec des tufs porphyriques (direction N.W. 290° à 300°, inclinaison N.E. 40°), et plongeant à ce qu'il semble sous le gneiss.

La bande gneissique reste donc limitée au bord méridional du Tolaï-Chan ; de part et d'autre affleure, non pas la partie inférieure, mais la partie la plus élevée de la série paléozoïque, le Carbonifère supérieur et sans doute aussi le Carbonifère moyen; ce sera aux

recherches futures de décider si cette disposition résulte de l'allure ingressive du Carbonifère, combinée avec des plissements posthumes, ou s'il convient d'admettre un mouvement beaucoup plus général, une sorte d'imbrication de la série paléozoïque tout entière.

Le Tolaï-Chan est plus court que les Monts Richthofen et se décompose au Nord-Ouest, comme on l'a vu, en croupes basses et allongées, séparant, à l'intérieur de la courbe décrite par l'extrémité nord-ouest des Monts Richthofen, l'oasis de Tchou-ma-er de la plaine de Soua-dintsé.

La Chaîne *Alexandre III* (fig. 28) s'élève au Sud de la large

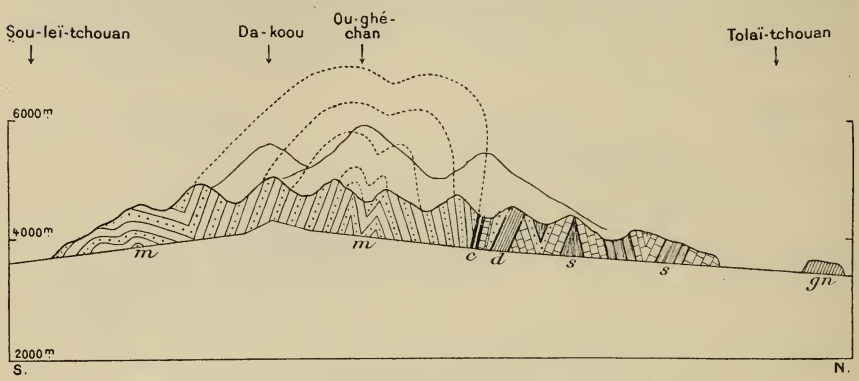


Fig. 28. — Coupe de la Chaîne Alexandre III, d'après Obroutchev (*L'Asie Centrale*, etc,, II, p. 186, fig. 133).
gn, Gneiss; *s*, Silurien?; *d*, Dévonien; *c*, Carbonifère; *m*, Grès supra-houiller. — Échelle des longueurs 1 : 250 000; hauteurs 1 : 125 000.

vallée du Tolaï-gouan, tout encombrée de débris, et est formée, comme le montrent deux coupes transversales menées à une vingtaine de verstes l'une de l'autre, de couches paléozoïques inférieures redressées et plissées ; vers le Sud, ces couchent passent à un grand synclinal carbonifère au fond duquel les grès supra-houillers sont très développés. Ce synclinal est si large que les grès supra-houillers s'y relèvent en formant une série de voûtes secondaires; ils constituent probablement les sommets de l'Ou-gé-Chan, les plus élevés de la chaîne.

Jusqu'à présent, la *quatrième chaîne* n'a pas encore été traversée dans toute sa largeur ; elle est séparée de la précédente par la haute vallée du Sou-leï-khé et s'abaisse probablement vers le Sud, comme on l'a vu, sur la vallée du Boukhaïn-Gol. Elle n'est également formée, du moins dans la partie reconnue par Obroutchev, que de couches paléozoïques. Il semble que le grand synclinal ren-

versé vers le Sud dont il a déjà été question comme affectant toutes les couches paléozoïques soit coupé obliquement par la vallée du Sou-leï-khé, de telle sorte qu'à l'E.S.E. la plus grande partie fasse corps avec la chaîne Alexandre III, tandis qu'à l'W.N.W. ce pli déborde de plus en plus sur la vallée du Sou-leï-khé et passe dans la quatrième chaîne.

La structure de ces quatre chaînes du Nan-Chan, des oasis du Kan-sou jusqu'au voisinage de la vallée du Boukhaïn-Gol, présente donc les traits suivants : le gneiss n'est visible que sur le flanc sud du Tolaï-Chan; tout le reste de la région montagneuse est formé de sédiments paléozoïques étroitement plissés. Près du bord septentrional, il y a des indices d'un renversement vers le Nord; à l'intérieur des montagnes, les couches se montrent verticales ou l'on constate un mouvement vers le Sud. La bande gneissique n'est pas associée aux termes inférieurs de la série paléozoïque, comme l'ordre normal de succession le ferait supposer, mais bien au Carbonifère supérieur.

Revenons maintenant, en suivant le cours supérieur du Souleï-khé, à la partie nord-ouest du Nan-Chan.

Le *Da-Sioué-Chan* est une haute chaîne de montagnes qui, vers l'E.S.E., ou bien est en continuité directe avec les Monts Alexandre III, ou bien s'élève à l'état de chaîne indépendante entre ces montagnes et la chaîne suivante, la quatrième. Il forme le bord sud de la plaine de Soua-dintsé. Sa direction est d'abord W.N.W., puis E.-W. et enfin 265° W.S.W. Au sommet de cet arc aplati, il forme le Pic Povorotnii d'Obroutchev (« Pic du Tournant »), à travers lequel la rivière Da-koun-tsé a creusé son lit suivant la direction N.W. Dans cette coupure du Pic Povorotnii, Obroutchev a trouvé du calcaire carbonifère, du Dévonien et des masses puissantes de schistes argileux, le tout renversé vers le N.W., puis, à une grande hauteur, des traces de Carbonifère avec couches de houille et des schistes métamorphiques.

La série des couches renversées se dirige, à droite du lit du fleuve, W.N.W. 290-315°, et à gauche E.N.E. 50-65°, de sorte qu'il y a là *un coude brusque de la direction W.N.W. du Nan-Chan à la direction E.N.E. de l'Anembar-Oula.* Plus à l'Ouest, dans le lit du Khaï-khi-khé, sur le versant occidental du Pic Povorotnii, la direction du Nan-Chan (W.N.W.) reparaît. La structure du Pic Poslednii, qui est voisin de l'extrémité du Chi-baochan, ne m'est pas connue.

Au Sud du Da-sioué-Chan se présentent des diabases, des por-

phyres, du granite à amphibole et des schistes mouchetés. Ces roches forment le Khrébet Bésimanii (la « Chaîne sans nom »), où affleurent aussi des quartzites anciens et des schistes amphiboliques dirigés N. 75° E., annonçant peut-être les traits qui caractérisent la chaîne suivante, celle du Yé-ma-Chan.

Le *Yé-ma-Chan* est une exception parmi les chaînes du Nan-Chan. Déjà sa forme extérieure montre une direction aberrante N.80°E.; cette chaîne est plus courte que les autres, avec des sommets arrondis qui n'atteignent pas la ligne des neiges. Elle est constituée exclusivement par des roches archéennes ou du moins très anciennes, gneiss et granites, schistes chloriteux et amphiboliques, quartzites. La direction de ces roches oscille entre N.52°E. et N.80°E. *Le Yé-ma-Chan est donc une coulisse de l'Anembar-Oula, s'avançant au milieu des branches du Nan-Chan.*

La *chaîne Humboldt* est beaucoup plus haute que le Yé-ma-Chan. Non seulement elle reprend la direction W.N.W. ou N.W. du Nan-Chan, comme le montrent son tracé extérieur et l'allure de ses terrains constitutifs, mais elle subit, plus nettement encore que les chaînes septentrionales, une conversion qui, par une vaste courbe, la fait aboutir à l'Altyn-Tagh, dont la coulisse la plus longue et la plus importante se rattache à la chaîne Humboldt sous le méridien de Sa-tchéou, c'est-à-dire par 95° de long. E. environ.

Au Nord-Est, la chaîne Humboldt est bordée par la large vallée longitudinale du Chara-Gol. Au Nord-Ouest, le Chara-Gol franchit les montagnes au voisinage de Baïgour, où une coulisse venant de l'E.N.E. se rattache à l'Altyn-Tagh, ce qui pourrait bien correspondre à une inflexion du Da-sioué-chan; puis le Chara-Gol recoupe la chaîne gneissique souvent mentionnée du San-sian-tsy, et atteint le lac Khalatchi. Sa vallée, au Nord-Est des Monts Humboldt, est si large que l'explorateur Littledale, la contemplant de haut, en était étonné : à distance, a-t-il écrit, on dirait que le Nan-Chan ne se rattache pas du tout aux Monts Humboldt, car entre ces deux chaînes s'étend une large plaine dont le relèvement est insensible[1].

Obroutchev a traversé les Monts Humboldt à l'Oulan-Daban (96° de long. E.). Au Nord, en avant du pied de la chaîne, s'élève une crête parallèle de dépôts du Gobi, rouges, gypsifères, plongeant vers la haute montagne, c'est-à-dire au S.W., et comparable, par sa couleur et par sa forme, à un énorme toit couvert de tuiles. Le pied nord de la chaîne Humboldt est formé de porphyre syéni-

1. St. George R. Littledale, *A Journey across Central Asia* (Geogr. Journal, III, 1894, p. 445-475, carte; voir surtout p. 462).

tique, de diorite et probablement aussi de granite. Viennent ensuite d'épais schistes gris avec des grès, regardés comme métamorphiques par Obroutchev et en grande partie transformés en micaschistes argileux. Ces schistes sont disposés en plis verticaux. dirigés N.310° ou 320° W., et recouverts en discordance par des grès rouges ou d'un gris rougeâtre avec bancs de schistes attribués aux grès supra-houillers. Cette série discordante est également plissée suivant la même direction, et forme un lambeau au pied nord, puis un large synclinal vers le col Oulan-Daban et un second synclinal sur le versant sud. Il en résulte, dit Obroutchev, que de loin, on aperçoit des masses rouges fortement inclinées reposant sur une base grise, et que vue d'une distance encore plus grande, la chaîne paraît toute rouge.

Sur ce parcours, il existe des alluvions aurifères; le métal précieux qu'elles renferment provient sans doute des filons de quartz encaissés dans les micaschistes argileux. Comme on connaît d'autres gisements du même genre à une assez grande distance à l'E.S.E., dans les Monts Humboldt, et aussi à l'W.N.W., jusque dans la région où s'opère le raccord avec l'Anembar-Oula, on doit supposer que ces schistes aurifères prennent part sur une grande étendue à la constitution de la chaîne Humboldt.

La chaîne est longée au Sud, exactement comme au Nord, par une crête de dépôts du Gobi, inclinés cette fois encore, quoique faiblement, vers son axe, c'est-à-dire au N.N.E.

La vallée longitudinale du Khaltyn-Gol, qui vient au Sud des Monts Humboldt, est resserrée par les contreforts de la crête de Tsagan-Golou (appelée aussi Tsagan-Obotou); les schistes métamorphiques y sont si riches en quartz que les éboulis semblent être recouverts de neige [1].

Les *Monts Ritter*, qui sont très élevés, représentent d'une façon générale l'une des coulisses parallèles du Nan-Chan. A l'W.N.W., cette chaîne se divise en deux branches qui s'abaissent sur la plaine de Syrtyn. La première de ces branches est le Tsagan-Golou, dont il vient d'être question; la seconde, qui est plus importante, s'appelle Dakhyn-Daban.

Les schistes métamorphiques du Tsagan-Golou se dirigent E.N.E. et arrivent à N.65°E., de sorte que la direction des couches diffère de la direction E.-W. du chaînon et que cette branche des Monts Ritter, du côté du Syrtyn, met en évidence un recourbement vers

1. Le même fait est signalé sur quelques points au pied du San-sian-tsy.

l'E.N.E. Sur le versant méridional affleure un granite à amphibole avec filons de porphyre.

La direction du Dakhyn-Daban est comprise entre N. 295° et 340° W. ; le long du pied nord on voit du calcaire carbonifère, incliné vers le Sud et représentant l'amorce d'un grand synclinal des étages supérieurs du Carbonifère; au sommet même du col (4360 m.), le Carbonifère supérieur renferme *Productus fasciatus*, *Aviculopecten* et d'autres fossiles. La partie culminante de la chaîne, située au Sud de ce passage, est un anticlinal fortement redressé où le calcaire carbonifère reparaît; ce pli est suivi d'un second synclinal, occupé par les étages supérieurs et venant buter contre des schistes métamorphiques verticaux (fig. 29).

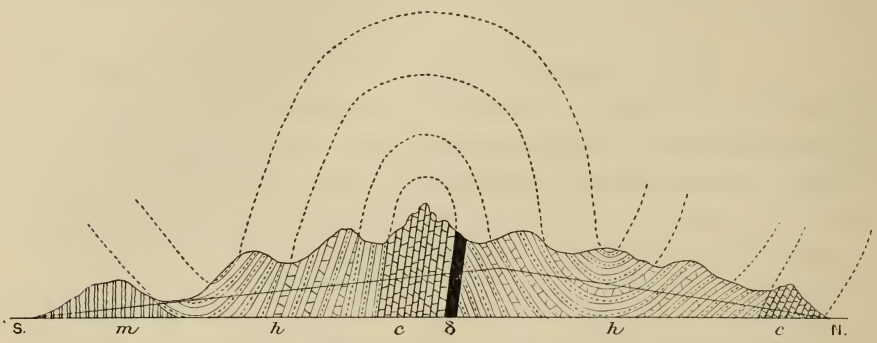


Fig. 29. — Coupe du Dakhyn-Daban (Monts Ritter), d'après Obroutchev (*L'Asie Centrale*, etc., II, p. 54, fig. 117).

m, Schistes métamorphiques; *c*, Terrain carbonifère; *h*, D° productif ; δ, Diabase. Échelle des longueurs 1 : 250 000.

On atteint ainsi le bord d'une large vallée longitudinale, qui limite au Sud les Monts Ritter. Obroutchev l'appelle la *Vallée Déserte* (Poustinnaïa dolina); c'est une de ces vallées en coulisses qui, de l'E.S.E., viennent déboucher du Nan-Chan dans la plaine de Syrtyn. Au Sud de la Vallée Déserte s'élève une chaîne traversée par quelques vallées secondaires, qui porte divers noms (Bomyn-Oula, Tsaïdamin-Oula, Kaktyn-Daban) et qu'Obroutchev appelle *Monts Mouchkétov*. Cette chaîne présente un grand intérêt pour la connaissance du Nan-Chan. A l'E.S.E., elle est rattachée par l'Airik-Khetren-Oula à la grande chaîne méridionale du Koukou-Nor, et, à l'W.N.W. d'autres coulisses lui succèdent, notamment le Syrtyn-Makhaïn-Oula, sans atteindre cependant tout à fait les chaînes du Kouen-lun Occidental. Il en résulte que le Syrtyn n'est pas complètement séparé des plaines du Tsaïdam.

Les Monts Mouchkétov sont suivis vers le Sud par une vallée

longitudinale, constituée par les multiples tronçons de vallées en coulisses; aussi cette dépression est-elle tantôt large et tantôt resserrée; elle abrite les lacs Ikhé- et Baga-Tsaïdamin et n'est qu'imparfaitement séparée du Tsaïdam, au Sud, par une série de coulisses courtes, obliques, qu'Obroutchev désigne sous le nom de *chaînes septentrionales du Tsaïdam.*

De cette façon, nous reconnaissons au Sud des Monts Ritter : la Vallée Déserte, puis le Syrtyn-Makhaïn-Oula, les Monts Mouchkétov, l'alignement Aïrik-Khetren-Oula- — chaîne méridionale du Koukou-Nor, puis la dépression en coulisse occupée par les lacs Tsaïdamin, ensuite la zone des coulisses septentrionales du Tsaïdam, enfin la plaine du Tsaïdam. Toutes ces chaînes, au Sud des Monts Ritter, se distinguent des chaînes situées plus au Nord par l'affleurement sur de grandes surfaces des terrains les plus anciens. La plupart et les principales d'entre elles sont des chaînes gneissiques, bordées d'un liséré plus ou moins large de couches paléozoïques et presque toujours, mais non exclusivement, carbonifères. Le plus souvent, on constate un renversement très net vers le S.W., c'est-à-dire dans la direction des plaines du Tsaïdam. L'Oulan-Oudsour, coulisse qui du faisceau des chaînes septentrionales du Tsaïdam pénètre entre les deux lacs Tsaïdamin, affecte la structure d'une double écaille.

Malgré la différence notable qui existe entre les chaînes du Nord, formées principalement de terrains paléozoïques, — où nous n'avons trouvé d'affleurements gneissiques importants qu'au pied sud du Tolaï-Chan et dans le Yé-ma-Chan, caractérisé par sa direction anormale, — et d'autre part, les chaînes de gneiss au Sud de la Vallée Déserte, cette vallée ne doit cependant pas être regardée comme jouant le rôle d'une limite tranchée. En effet, d'après les indications d'Obroutchev, l'examen des cailloux charriés par les rivières conduit à admettre que le gneiss commence à se montrer plus au Nord, sur le versant méridional des Monts Ritter.

11. Raccordement du Nan-Chan et des Montagnes de Yarkend. — Après avoir suivi Obroutchev comme guide jusqu'au bord nord-est du Tsaïdam, nous pouvons essayer d'analyser les relations du Nan-Chan occidental avec l'Anembar-Oula, c'est-à-dire avec la partie orientale du grand arc montagneux qui entoure le bassin du Yarkend-Daria.

A cet effet, revenons aux environs du Lob-Nor et du Khalatchi.

Sur la bordure méridionale du Beï-Chan, dont la direction est

W.N.W. ou E.-W. dans cette région, on ne connaît aucun indice d'affinités avec l'Anembar-Oula.

La chaîne gneissique du San-sian-tsy appartient, comme le disait déjà Prjévalsky, à l'Anembar-Oula. Elle atteint à l'E. N. E. d'An-si le pied sud du Beï-Chan, sans s'infléchir suivant la direction de ce faisceau de plis. Les deux chaînes restent étrangères l'une à l'autre. Il en est autrement pour les chaînes suivantes.

Le Loun-Chan, dont la direction est W.N.W., et qui, parallèlement au Nan-Chan, sépare les oasis du Kan-sou du désert de l'Ala-Chan, s'infléchit graduellement à partir de Sou-tchéou et finit par prendre tout à fait la direction W.S.W. de l'Anembar-Oula; il atteint ainsi, sous le méridien de Youi-myn-sian, la bordure septentrionale des Monts Richthofen, en fermant au Nord-Ouest la région des oasis du Kan-sou.

La chaîne des Monts Richthofen, qui est beaucoup plus puissante, dessine à l'Ouest du cours moyen du Sou-leï-khé une conversion analogue de l'W.N.W. à l'W.S.W. et suit sur une certaine distance, sous le nom de Chi-bao-Chan, la direction de l'Anembar-Oula. Quant au Tolaï-Chan, il disparaît avant d'être dévié; l'espace situé à l'intérieur de la courbe décrite par les Monts Richthofen se trouve ainsi divisé en deux parties, l'oasis de Tchou-ma-er et la plaine de Soua-dintsé.

Le Da-sioué-Chan s'avance davantage vers l'W.N.W. et subit au Pic Povorotnii une brusque déviation, qui le fait passer de la direction du Nan-Chan à celle de l'Anembar-Oula. Un peu plus à l'Ouest, il se produit un retour à la direction du Nan-Chan, sous forme de sigmoïde; on ne sait si une nouvelle inflexion survient avant la rencontre du Chi-bao-Chan, mais cette alternative est probable, à en juger par l'allure du bord externe de l'Anembar-Oula et des montagnes qui environnent Baïgour.

Le Yé-ma-Chan est une coulisse de l'Anembar-Oula, s'avançant vers l'Est et constituée par des roches anciennes.

La chaîne Humboldt se replie complètement pour devenir la chaîne principale de l'Anembar-Oula. Toutefois la déviation est beaucoup moins brusque et moins aiguë que dans les chaînes du Nord. Aussi la dépression fermée de Syrtyn est-elle plus large et plus vaste que les intervalles qui séparent les arcs du Nord.

Les deux branches nord-ouest de la chaîne Ritter ne sont pas assez longues pour subir l'inflexion et elles disparaissent l'une et l'autre dans la plaine de Syrtyn, comme le Tolaï-Chan au bord sud de la dépression de Tchou-ma-er.

Même la coulisse allongée du Syrtyn-Makhaïn-Oula, qui prolonge la direction W.N W. de la chaîne méridionale du Koukou-Nor et des Monts Mouchkétov, n'arrive pas tout à fait à se raccorder avec l'Altyn-Tagh. Il en va de même pour les coulisses septentrionales du Tsaïdam. C'est ainsi que la plaine de Syrtyn reste en communication avec le Tsaïdam.

Une longue vallée en coulisse qui est très remarquable, la *Vallée des Vents*, découverte par Prjévalsky, relie le Tsaïdam à la dépression du Yarkend-Daria, qu'elle atteint un peu au Sud du 38° de lat. N. Quoique cette vallée traverse toute la chaîne, le grand voyageur l'a considérée comme une vallée longitudinale. A l'Ouest, le Tchertchen-Daria en sort; puis le fond de ce couloir se relève et atteint 12 900 pieds [3 930 m.]; aux environs du lac Gass son altitude redescend à 9 300 pieds [2 830 m.] [1].

Mais les directrices du Kouen-lun Occidental, telles que les a figurées Bogdanovitch, montrent que là encore, les mêmes relations règnent entre les chaînes de montagnes orientales et les chaînes occidentales que plus au Nord. L'angle que font vers le lac Gass et sans se rejoindre, d'une part le Tchimen-Tagh, représentant le Kouen-lun Occidental, et de l'autre la chaîne méridionale du Tsaïdam, représentant le Nan-Chan, l'atteste clairement. Mais cette fois encore, les chaînes correspondant au Nan-Chan dessinent une courbe analogue à celle des Monts Humboldt; ainsi, la chaîne méridionale du Tsaïdam (W.N.W.) tourne vers le Dimnalik (W.S.W.), et la chaîne de Christophe Colomb (Nargoun-Oulan) s'infléchit vers l'Ayalik-Tagh et le Tokouz-Davan; et c'est ainsi que la Vallée des Vents se trouve enfermée entre une série de coulisses parallèles dont la direction est W.S.W. C'est ainsi également que la haute région des lacs Koum-Koul est barrée, du côté du Nord, par une cloison en arc de cercle.

L'une des coupes que Bogdanovitch a menées à travers le Kouen-lun Occidental croise la Vallée des Vents (fig. 30). La première chaîne en venant du Nord, l'Altyn-Tagh, est formée de Dévonien avec culots granitiques, exactement comme la Chaîne

1. N. M. Prjévalsky, *Quatrième Voyage dans l'Asie Centrale. De Kiakhta aux sources du Fleuve Jaune. Exploration de la bordure septentrionale du Tibet et Voyage au Lob Nor* (r.). Publié par la Société Impériale Russe de Géographie. In-4°, St.-Pétersbourg, 1888, *passim;* voir aussi E. Delmar Morgan, *The Orography of Northern Tibet* (Supplementary Papers R. Geogr. Soc. London, III, Part 1, 1890, p. 69-76, et C. Diener, *General* N. M. Przewalsskijs *vierte Forschungsreise in Zentralasien* (Petermanns Mitteil., XXV, 1889, p. 34 et suiv., pl. 2 : carte de C. Schmidt); K. Bogdanowitch, *Einige Bemerkungen über das System des Kwenlun* (Mittheil. k. k. Geogr. Ges., Wien, XXXVIII, 1895, p. 516-524).

Russe, bien plus au S. W. La seconde chaîne, le Youssoup-alyk-Tagh, qui fait suite au Tchimen-Tagh, est une puissante bande de gneiss. La Vallée des Vents correspond à un synclinal carbonifère. Cette coupe, prolongée plus à l'Ouest vers le S., rencontre d'abord le flanc opposé de ce synclinal, puis du Dévonien fortement redressé et le grand massif granitique du Kyzyl-Oungouïnin-tiouré, auquel succèdent de nouveaux affleurements dévoniens. C'est au delà de ce massif que se dresse l'Aïalik-Tagh, où Bogdanovitch a trouvé, à une grande hauteur, des Polypiers du Dévonien moyen ; puis la chaîne redescend vers la cuvette de l'Aïak-koum-koul, qui se trouve aux environs de 13 000 pieds [3 900 à 4 000 m.]. Au delà de cette large

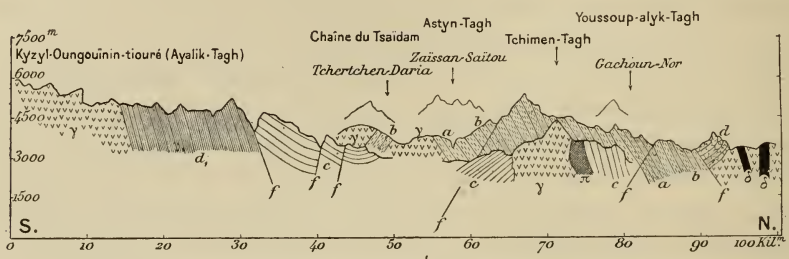


Fig. 30. — La Vallée des Vents, d'après Bogdanovitch.

a, *b*, Gneiss et Schistes cristallins; γ, Granite; δ, Diabase, Diorite, etc.; π, Porphyre; *d*, d_1 Dévonien ; *c*, Carbonifère ; *f*, *f*, Failles. — Échelle des longueurs 1 : 1 000 000 ; hauteurs 1 : 300 000 environ.

plaine, la grande chaîne des Monts Prjévalsky (Arka-Tagh) s'aligne E.-W.[1].

Mais, de même que le Tchou-ma-er et le Soua-dintsé sont une répétition de l'espace circonscrit par la Pestraïa Griada, l'espace situé au Sud du Da-sioué-Chan, et au milieu duquel se dresse le Yé-ma-Chan, est une répétition du Tchou-ma-er et du Soua-dintsé; la plaine de Syrtyn, en dedans de l'arc des Monts Humboldt, est la répétition de ce dernier intervalle ; le Tsaïdam est une répétition de la plaine de Syrtyn, et la cuvette surélevée des lacs Koum-Koul est une répétition du Tsaïdam.

A mesure que le Kouen-lun Occidental et le Nan-Chan s'éloignent l'un de l'autre, ces intervalles se déplacent de plus en plus vers le Sud-Ouest, et en même temps les courbes s'adoucissent. Le sommet de l'arc du Loun-Chan est situé entre 98° et 99° de long. E. ; par

1. K. Bogdanovitch, *Recherches géologiques dans le Turkestan Oriental*, r. (Travaux de l'Expédition au Tibet dirigée par M. V. Pievtsov, tome II). Publié par la Société Impériale Russe de Géographie. In-4°, St-Pétersbourg, 1892, pl. IV, fig. 7.

contre, celui de l'arc méridional du Tsaïdam se trouve entre 89° et 90°; dans la chaîne Prjévalsky, l'inflexion se montre fort atténuée.

Plusieurs des chaînes du Nan-Chan, comme le Tolaï-Chan, les Monts Ritter et la chaîne septentrionale du Tsaïdam, n'atteignent pas l'inflexion du Kouen-lun Occidental. Mais toutes, avec leur alignement au N.W. ou à l'W.N.W., font partie du faisceau du Nan-Chan et non du faisceau du Kouen-lun Occidental. Ces dernières s'incurvent vers la ceinture du bassin du Yarkend-Daria et vers le Moustagh-Ata, tandis que les premières tournent à l'E.S.E.

Les diverses chaînes du Nan-Chan qui s'approchent jusqu'à une certaine distance du bord de la dépression du Yarkend-Daria, sont toutes déviées suivant la direction de l'arc du Kouen-lun Occidental et deviennent partie intégrante de ce dernier. Ce n'est pas hors de propos que Bogdanovitch parle des « extrémités rétrécies » de certaines chaînes du Nan-Chan occidental.

Les rapports mutuels des deux systèmes rappellent la disposition qui a été décrite sur le Jhelam (I, p. 547, pl. II). Dans cet exemple, certains plis appartenant au domaine de l'Himalaya passent dans celui des chaînes de l'Iran, et un angle rentrant répond à la ligne de contact des deux directions du mouvement. Il en est de même ici, la différence principale consistant en ce que cette fois, la partie occidentale est moins développée et que, par suite de l'écartement des deux ailes, le rebroussement s'atténue plus vite vers le Sud.

Sans doute, lorsqu'on est habitué à voir dans la continuité des plis un principe de division, il peut sembler difficile d'attribuer à deux ensembles montagneux aussi différents que le Kouen-lun Occidental et le Nan-Chan les deux moitiés d'un faisceau de plis ininterrompu, comme l'Anembar-Oula et les Monts Humboldt par exemple; mais cette continuité n'indique qu'une certaine dépendance réciproque dans la formation des plis. Bogdanovitch a cru pouvoir admettre que dans les deux régions, la formation des plis a dû être simultanée. Cela est certain pour les derniers mouvements, mais il existe des traces d'une influence plus profonde du Kouen-lun Occidental dont il n'est pas encore possible aujourd'hui d'embrasser tous les détails. Déjà Lóczy signale dans le Nan-Chan « des directions se croisant à la manière d'un grillage »[1]; nous avons mentionné, d'après Obroutchev, le coude brusque ou

1. L. von Lóczy, *Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Reise... in Ostasien*, I, p. 662.

sigmoïde qui se produit au Pic Povorotnii, dans le Da-sioué-Chan, et l'allure anormale du Yé-ma-Chan ou d'autres chaînons situés à une certaine distance de la région du rebroussement, le Tolaï-Chan, par exemple, où tout à coup, en plein Nan-Chan, apparaît la direction E.N.E. ou N.E. du Kouen-lun Occidental. Un exemple particulièrement saisissant est fourni à Obroutchev par la région du Da-khé, dans les Monts Richthofen, où le grès supra-houiller, dirigé N. 290° à 305° W. et plongeant fortement au S.W., se recourbe en genou pour prendre la direction N. 40° E. et plonger N.W., puis revenir bientôt après à sa direction et à son inclinaison primitives[1]. Il y a là une sigmoïde tordue, où l'inclinaison varie avec la direction. Dans un autre cas, observé dans la partie orientale des Monts Richthofen, il semble se produire au sein des couches paléozoïques anciennes certaines déviations de W.N.W. à E.-W. et N.E., qui n'affectent pas le grès supra-houiller.

Résumons ce qui précède.

Toutes les chaînes de montagnes dont nous avons parlé se divisent en deux groupes. Le premier se dirige W.N.W. ou N.W. et le second E.N.E. Dans des cas nombreux, ils se relient l'un à l'autre par des tronçons disposés en arc de cercle.

Le premier groupe comprend le Loun-Chan, toutes les chaînes du Nan-Chan à l'exception du Yé-ma-Chan, puis la chaîne méridionale du Tsaïdam, les Monts Marco-Polo, etc.

Le second groupe est formé du San-sian-tsy, du chaînon gneissique de Tcha-tien avec la Pestraïa Griada, des Monts Chi-bao-Chan, Yé-ma-Chan, Anembar-Oula, Altyn-Tagh, Tchimen-Tagh ; le Dimnalik, le Tokouz-Davan, la Chaîne Russe, etc., en font également partie.

Le premier groupe se rattache par son allure et par sa direction au Tien-Chan et au Beï-Chan.

Le second groupe doit être attribué au Kouen-lun Occidental et forme une partie de la ceinture du bassin du Yarkend-Daria.

12. Les Altaïdes. — On peut considérer isolément une chaîne de montagnes quelconque, comme le Caucase, les Carpathes, les Pyrénées ou les Appalaches, et se poser les questions de savoir si sa structure est symétrique ou dissymétrique, de quel côté est situé son avant-pays, si elle est subdivisée en plusieurs coulisses, etc. Les diverses chaînes de hauteurs de l'ancien faîte asia-

1. Obroutchev, *L'Asie Centrale*, II, p. 145 et 163. Cette localité est située sur le ruisseau Kamenistoï, à l'Est du méridien de Sou-tchéou.

tique ne comportent pas un pareil examen. Elles doivent leur aspect extérieur comme leur structure à un phénomène très général et très étendu de plissement et de dislocation disjonctive subséquente, peut-être aussi, dans certains cas, à la présence de bandes granitiques particulièrement continues qui s'accusent dans le relief du sol. A l'Est, par exemple au Gazimour, où le Dévonien discordant est plissé, il est possible qu'en outre un plissement posthume se soit produit.

D'ordinaire, dans les chaînes qui appartiennent au premier groupe, on voit aussi de longs prolongements parallèles à leur direction, et l'on constate que des obstacles ont contrarié le libre développement des plis. Mais dans les montagnes du faîte, le degré d'indépendance est beaucoup moindre. Dans l'ensemble, on aperçoit les traces d'un plissement à rebours vers l'amphithéâtre d'Irkoutsk, et sur une échelle bien plus grande encore la propagation du plissement commun vers l'extérieur, c'est-à-dire vers le Sud-Est, le Sud et le Sud-Ouest.

La généralité et la persistance du mouvement de plissement ne se traduisent pas seulement au centre de l'ancien faîte par les plis en fer à cheval de la série de l'Angara : le même phénomène se reproduit à Minoussinsk. En outre, à l'extérieur de la courbe, sous la dépression du haut Amour et en Mandchourie, les plaines elles-mêmes occupant l'intervalle des chaînes de montagnes présentent partout des traces plus ou moins nettes de plissement. Ces traces peuvent monter jusqu'à l'horizon des dépôts du Gobi.

Devant une pareille extension du mouvement, il ne peut toutefois s'agir, en somme, dans la recherche des directrices, que de trouver la région de l'origine de ce mouvement général. Je dis *la région* de l'origine, car quelque incomplètes que soient encore nos connaissances sur les détails de structure de l'ancien faîte, il est d'ores et déjà visible que le phénomène s'est propagé en partant non d'un point central ou même d'une ligne droite, mais probablement d'une région en arc de cercle dont la convexité était tournée vers le Sud, suivant un tracé qui réunirait la direction du Baïkal à celle du Saïan.

Mais il existe dans l'Asie Intérieure d'autres chaînes de montagnes, s'élevant très haut dans la région des neiges, plus jeunes que l'ancien faîte et orientées d'une façon différente. Elles sont parfois si serrées les unes contre les autres que, sur de vastes espaces, les fonds de vallées se maintiennent à l'altitude de 4000 mètres ou davantage; ainsi prennent naissance de puis-

santes saillies continues, au-dessus desquelles la hauteur des sommets neigeux est relativement faible. Le Kouen-lun central fournit un exemple de cette disposition. Or, partout où ces énormes massifs montagneux sont entaillés de profondes vallées transversales, comme entre Min-tchéou et le « Bassin Rouge » du Sé-tchouen, on n'observe cependant que des plis serrés; et si tout le Kouen-lun central était abattu jusqu'au niveau de la mer, l'aspect qu'il présenterait ne différerait en rien d'essentiel de celui que nous offre l'ancien faîte, c'est-à-dire de nombreux plis parallèles, interrompus çà et là par la base élargie d'un massif granitique. C'est ainsi encore que le Gobi oriental est une mer de plis plus ou moins dégradés.

Dans ces systèmes de plis serrés, les diverses chaînes ne possèdent pas non plus le degré d'individualité qu'on rencontre dans le Caucase ou dans les chaînes analogues; et c'est ainsi que, dans le Nan-Chan par exemple, nous trouvons les unes derrière les autres des chaînes formées tantôt de gneiss et tantôt de terrains sédimentaires, de Carbonifère, en particulier, chaînes que l'on s'explique si on les assimile à des ondes de même origine, provoquées par un mouvement d'ensemble, mais dont la constitution différente devient incompréhensible dès qu'on veut les considérer séparément. Cette unité du mouvement a pour effet de supprimer, au sein de ces chaînes, le contraste qui se présente dans le cas des Alpes ou de l'Himalaya vis-à-vis d'un avant-pays étranger et de structure hétérogène. C'est la différence qui existe, dans l'Océan, entre les vagues du large et le ressac des rives.

Le 3 mai 1886, Tchersky a fait connaître, dans une conférence remarquable, ses vues sur la structure de l'Asie Intérieure, vues qui devançaient de très loin les idées régnantes[1].

Après avoir noté la convergence des faisceaux de plis du Baïkal et du Saïan vers la région du Baïkal méridional, et fait ainsi ressortir la disposition en arc de cercle de ces vastes territoires montagneux, Tchersky estimait que la limite de ce grand arc vers l'Ouest devait être cherchée aux environs du 54e degré de lat. N., sur le cours supérieur de la Kana, c'est-à-dire à la limite entre le Saïan Occidental et le Saïan Oriental. A partir de là recommencerait à régner la direction opposée à celle du Saïan, celle de l'W.S.W ou du S.W. Cette direction S.W. serait suivie non seulement par le

1. I. Tchersky, *Sur la tectonique de la contrée montagneuse faisant partie de la région nord-ouest de l'Asie Centrale*, r. (Travaux Soc. Naturalistes St-Pétersbourg, XVII, livr. 2, 1886, p. 51-58).

Saïan Occidental, mais aussi par l'Altaï Occidental presque jusqu'au 50°, notamment par l'Alataou de Kouznetsk et le Salaïr. Sur la Boukhtarma et sur l'Irtych, vers Sémipalatinsk, il se produirait un nouveau retour à l'W.N.W.

Dans un passage ultérieur, Tchersky paraît distinguer non pas deux, mais trois arcs concaves vers le Nord, à savoir l'arc du Baïkal, l'arc du Saïan (ce nom désignant ici le Saïan Occidental) et l'arc de l'Altaï.

Mais le coup d'œil de Tchersky allait plus loin encore. Il avait eu connaissance de la récente démonstration du fait que les branches du Tien-Chan se prolongent vers l'Europe. Tout de suite il reconnut que le Tarbagataï, le Boro-Khoro et les autres chaînes allongées du Tien-Chan épousent la direction des chaînons montagneux des bords de l'Irtych. « Il semble donc, dit Tchersky dans une note, que les forces qui ont donné naissance aux plis *se soient graduellement déplacées de l'Est à l'Ouest*, en affectant des dépôts de plus en plus récents. »

Il est certain que l'on voit vers l'extérieur, et par conséquent vers l'Ouest, des dépôts marins de plus en plus récents prendre part à la constitution des plis de l'Eurasie. On reconnaît nettement aussi, à l'intérieur, les indices d'une haute antiquité. Sur les bords du Lac Baïkal, les plis des gneiss archéens ont été formés, puis rasés à l'époque précambrienne, et vers l'Ouest, l'ancien faîte a arrêté comme un horst ou comme « une muraille immobile », suivant l'expression de Tchersky, le développement ultérieur des branches orientales de l'Altaï. Mais cela n'a pas empêché que dans l'amphithéâtre d'Irkoutsk, par conséquent à l'intérieur de l'espace limité par les plis précambriens et leur front primitif, il se produise des plis posthumes, et que bien en dehors, au Gazimour et près d'Ourga, des sédiments discordants, dévoniens ou même peut-être plus récents, soient affectés de grands plis orientés parallèlement au faîte.

En appréciant l'âge relatif de ces grandes unités de la surface terrestre, nous emploierons donc les termes de « vieux » ou de « jeune » à peu près dans le sens où l'on s'en sert en parlant de l'âge des personnes vivantes.

Du moment où ce point de départ est bien établi, la question qui se pose est *moins de savoir quand les divers phénomènes tectoniques ont fini que quand ils ont commencé.* Dans ce sens, le déplacement vers l'Ouest qu'imaginait Tchersky s'est réellement produit.

L'axe probable du rétrécissement des plis archéens à son pas-

sage à travers le synclinal renversé de l'Olkhon, dans le Primorskii Khrébet, suit le voisinage de la Bogouldeïka et coïncide à très peu près avec le 106e méridien.

Le resserrement des plis posthumes de la série de l'Angara à l'intérieur de l'amphithéâtre peut de même être placé d'une façon toute provisoire sur le 101e méridien.

Le coude des plis dévoniens en fer à cheval de Minoussinsk, sur le Iénisséi, en aval de la Touba, se produit le long du 91e méridien.

Si l'on veut introduire dans cette comparaison le recourbement de l'Altaï à la Biéloukha, on obtient pour la position du point central la longitude de 87° environ.

L'Altaï se dresse à l'Ouest de l'ancien faîte baïkalien et de la région intermédiaire de Minoussinsk comme un arc indépendant, plus jeune. Vers l'Est et vers le Sud, son développement est gêné. La plus importante de ses branches orientales, l'Alataou de Kouznetsk, part probablement de la région située au Nord du haut Katoun ; elle passe à l'Est du lac de Téletzkoïé et, en décrivant une courbe de très grand rayon, atteint la plaine à l'Est de Tomsk. Il est probable qu'au Sud de cette branche viennent d'autres rameaux légèrement divergents, qui peuvent atteindre le Saksar et l'Izykh près de Minoussinsk. Toute cette région externe de l'Altaï décrit au Sud un arc de cercle. Au centre de cet arc se trouvent les sommets culminants. La partie occidentale présente sur l'Irtych la direction N.W., *mais on ne saurait indiquer de limite à l'arc récent du côté du Sud-Ouest.*

Pour nous figurer approximativement la disposition qui prend ainsi naissance, représentons-nous toute la partie de l'Asie située au Sud-Ouest comme recouverte d'eau. Qu'un choc se produise à partir de l'Irtych ou du Tarbagataï, et suivant la direction du Sud-Ouest. Des vagues géantes, nombreuses et allongées, se forment l'une derrière l'autre ; au début, elle sont plus ou moins convexes vers le Sud-Ouest, comme le montrent les branches du Tien-Chan. Elles s'étalent et se prolongent, et s'écartent les unes des autres quand elles trouvent assez d'espace, comme sur les bords du Tchou et de l'Ili. Elles se resserrent et s'amoncellent, et s'élèvent les unes sur les autres quand la place se réduit, comme dans le Nan-Chan. Tantôt elles défilent raides et immobiles à côté des obstacles, comme dans le Tsin-ling-Chan, en cherchant toujours un prolongement latéral, et tantôt au contraire on les voit déviées et infléchies par ces obstacles. Au début, la direction prépondérante du N.W.

ou de l'W.N.W. leur est commune. Nous réunissons ces plis ou ces vagues sous le nom d'*Altaïdes*.

En Europe, les faisceaux de plis se sont brisés, et à l'intérieur des horsts comme cadre, de nouveaux faisceaux de plis ont pris naissance. En Asie, il s'est produit quelque chose d'analogue ; seulement, cette fois, ce ne sont pas des chaînes périphériques qui se sont affaissées, mais des parties d'un ancien faîte.

Il nous reste à rechercher quelles ont été les conséquences de ces événements.

CHAPITRE VI

LES ALTAÏDES ORIENTALES

1. Ordos. — 2. Les Montagnes du Hoang-ho : Khara-narin-Oula et Ala-Chan. — 3. Bifurcation du Nan-Chan oriental. — 4. Résumé. — 5. Kouen-lun central et oriental. — 6. L'avancée des branches occidentales : faisceau de la Birmanie. — 7. La séparation des chaînes : faisceau du Yun-nan; le Mékong; massif du Cambodge. — 8. L'avancée des branches orientales; le Fleuve Rouge. — 9. Résumé. — 10. L'archipel malais; presqu'île de Malacca; arc de Banda; île Christmas. — 11. Prolongements probables de la Nouvelle-Guinée; Amboine, Céram et Boeroe. — 12. Formose. — 13. Bornéo. — 14. Célèbes. — 15. Halmahera. — 16. Coup d'œil d'ensemble sur les Altaïdes orientales.

1. Ordos. — F. von Richthofen a montré que, dans tout le Nord de la Chine, des champs de lave de la Mongolie jusqu'à la vallée du Weï et jusqu'au Hoang-ho près de Si-ngan-fou, les sédiments cambriens reposent, non plissés et discordants, sur des terrains archéens plissés (II, p. 303 et suiv.). Ce domaine comprend en outre le Chan-toung et le Liao-toung, et aussi, en tant qu'on peut l'affirmer dans l'état actuel de nos connaissances, la Corée.

Ce trait de structure est si frappant que, malgré la direction différente qui règne dans le Sud-Est de la Mongolie à partir du puits d'Ikhé-Oudé, on est tenté de se demander si ce ne serait pas l'ancien faîte qui reparaîtrait là. F. von Richthofen répond également à cette question. A l'Est, dans le Chan-toung et le Liao-toung, la direction des granites gneissiques les plus anciens et des gneiss primitifs est constamment N.N.W., et par conséquent différente des directions du faîte. Au contraire dans le Nord du Pé-tchi-li et du Chan-si, régions plus rapprochées du Gobi, où les terrains les plus anciens sont représentés par des gneiss amphiboliques et des

gneiss chloriteux, les plis ont plutôt le caractère de larges ondulations s'orientant E.N.E.[1].

Pour cette dernière région, on peut donc bien se poser la question de savoir si ce n'est pas l'aile baïkalienne du faîte qui s'étend réellement jusque-là. Ce qui est certain, c'est que le massif sinien représente un môle resté rigide au milieu de l'édifice postérieur de l'Asie.

Mais F. von Richthofen nous apprend encore le fait suivant : le système de chaînons en forme de grille des environs de Péking, constitué surtout par des terrains anciens, se termine vers l'Ouest par un effondrement. C'est ce que montre avec évidence l'extrémité occidentale du Si-tchéou-Chan près de Sin-tchéou (fig. 31), et pour l'Outaï-Chan et le Man-tou-Chan, la configuration générale indique

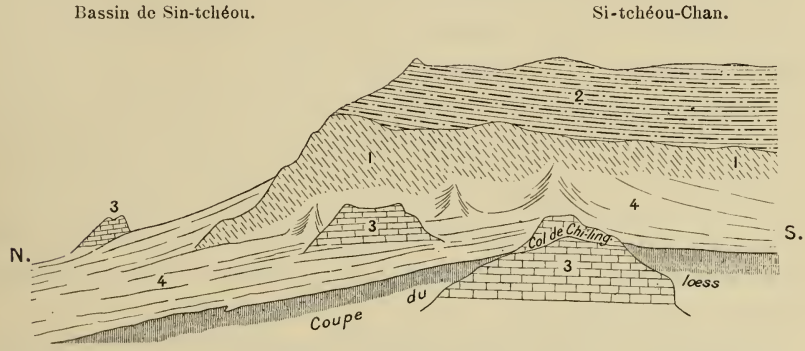


Fig. 31. — Versant occidental du Si-tchéou-Chan, d'après F. von Richthofen.
1, Gneiss; 2, Terrain cambrien (*Sinische Formation*); 3, Calcaire carbonifère; 4, Lœss.

que les choses doivent se passer d'une manière tout à fait analogue.

Les couches sont à peu près horizontales, aussi bien celles de l'étage sinien, qui recouvrent le gneiss, que celles du grès supra-houiller. Quand l'étage sinien est conservé, il se trouve à une plus grande altitude que le grès supra-houiller.

« Cette disposition ne peut s'expliquer qu'en admettant que le plateau (du grès supra-houiller ou grès des plateaux) forme le début d'un champ d'affaissement très déprimé, limité du côté de la partie du continent restée en saillie par une ligne droite. Jusqu'où cet effondrement se prolonge-t-il vers l'Ouest, et quels sont les caractères que prend la structure du sol dans la direction du pays des Ordos, — ce sont là des questions que nous pouvons poser, sans les résoudre[2] ».

Ceci a été écrit en 1882; aujourd'hui, nous savons que tout

1. F. von Richthofen, *China*, II, p. 706, et ailleurs.
2. F. von Richthofen, *China*, II, fig. 80, p. 372, 390 et suiv.

l'Ordos appartient à cette plate-forme déprimée, et que la partie du cours du Hoang-ho dirigée de l'Ouest à l'Est marque à peu près le bord septentrional de cette région, dont les contours sont presque rectangulaires.

La série des couches qui surmontent le substratum archéen du môle sinien consiste, comme nous l'avons déjà dit, en sédiments marins cambriens (siniens), puis en sédiments marins d'âge carbonifère supérieur, auxquels succèdent des dépôts de houille et des grès très épais, les *grès des plateaux* ou *grès supra-houillers* de Richthofen. Avec le dernier de ces étages, on arrive à l'époque des flores terrestres si variées qui, en Sibérie, en Mongolie et en Mandchourie, caractérisent la série de l'Angara.

Ce sont les termes supérieurs de cette échelle stratigraphique, comme on l'a vu, qui affleurent près de Sin-tchéou à l'extrémité occidentale du Si-tchéou-Chan, affaissés en contre-bas du pourtour. Ce sont eux aussi qui, plus au Sud, forment le plateau du Chan-si[1], à l'exception du Ho-Chan, et les gradins étagés qui le bordent à l'Est et au Sud (II, p. 314). Mais à l'Ouest, dans le Nord du Chen-si et le Kan-sou, ce plateau s'abaisse doucement, au delà de la partie du cours du Hoang-ho dirigée du N. au S., sous la couverture de loess qui, du Sud de l'Ordos, s'étale largement jusqu'à la vallée du Weï.

Obroutchev a donné une description détaillée de l'Ordos. Au Nord, les sables occupent de grandes surfaces, et on les voit s'accumuler en masses épaisses contre la Grande Muraille au S.E. de Ning-sia-fou. Au Sud de la muraille s'étale le loess; sur de longues distances, en venant de l'Est, le grès supra-houiller et le terrain houiller demeurent encore visibles au-dessous de ce manteau de loess et au-dessous des dépôts gypsifères de l'étage du Gobi. Les Monts Lou-gouan-lin et Bo-iouï-Chan, qui figurent sur nos cartes, n'existent pas, et les hautes tables de loess deviennent de plus en plus larges dans le Sud[2].

L. de Lóczy, qui a traversé la partie méridionale du pays en

[1. Voir F. Leprince-Ringuet, *Étude géologique sur le Nord de la Chine* (Annales des Mines, 9e sér., XIX, 1901, p. 346-430, pl. IV-VI : cartes, coupes et photogr.); suivie de : R. Zeiller, *Note sur la flore houillère du Chansi* (Ibid., p. 431-453, pl. VII) : une chaîne importante de terrains anciens, le Ouan-houa-Chan, orientée en arc de cercle du S.S.W. au N.E., vient s'intercaler entre le bassin houiller de Tae-yuen-fou et le tronçon moyen du Hoang-ho.]

2. V. Obroutchev, *Esquisse orographique et géologique de la Mongolie Centrale, de l'Ordos, du Kan-sou Oriental et du Chen-si Occidental*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXX, 1894, p. 231-253); du même, *L'Asie Centrale, le Nord de la Chine et le Nan-Chan*, I, p. 188-266.

venant de Si-ngan-fou, c'est-à-dire du Sud-Est, et en se dirigeant vers Lan-tchéou, a trouvé au-dessous du loess le grès supra-houiller, puis des traces du Carbonifère. Près de Ping-liang-fou, il atteignit la crête du *Lo-pan-Chan* (106° 45′ de long. E., 35° 45′ de lat. N.), dont la largeur mesure 25 kilomètres; c'est un synclinal oblique, dont l'axe plonge vers l'W., de calcaire carbonifère fortement plissé et de grès gris. Ces mêmes roches sont ailleurs, dans l'Ordos, horizontales et plus ou moins masquées par le loess.

Un peu à l'Ouest du Lo-pan-Chan, on voit pour la première fois des schistes chloriteux, puis de nouveau, sur 280 kilomètres, du loess, et enfin, un peu au Sud-Est de Lan-tchéou, dans la gorge rocheuse du Hoang-ho, du gneiss apparaît, dirigé E. 30° N.[1].

Nous devons admettre qu'un vaste plateau de grès supra-houiller très peu accidenté occupe tout l'espace situé à l'intérieur du coude du Hoang-ho, jusqu'au Lo-pan-Chan, où un plissement est visible, et jusqu'à la vallée du Weï. Sous le 108e méridien, cela représente une largeur de plus de 7 degrés de latitude.

Ce plateau n'est pas seulement limité par le coude du fleuve. Partout le Gobi se trouve à un niveau plus élevé et l'Ordos à un niveau inférieur, et la descente est jalonnée par une série de chaînons rocheux, tournant souvent de véritables falaises vers l'Ordos. Ces chaînons sont disposés la plupart du temps en coulisses obliques, et certaines de ces coulisses s'avancent jusque sur la rive droite du Hoang-ho. Pour les examiner, retournons à une grande distance au Nord, aux escarpements de Sin-tchéou, et de là franchissons au N.N.W. la frontière mongole.

2. Les Montagnes du Hoang-ho. — Lorsque, venant de Péking, on quitte à Siouen-hoa-fou la route de Kalgan pour prendre la direction de l'Ouest et suivre le Yang-ho en longeant la route de Koukou-Khoto, après avoir franchi le Koulou-Chan, chaînon gneissique orienté N.E., on atteint à la mission chrétienne Oerr-shi-san-hau le bord des nappes basaltiques du Sud de la Mongolie. A partir de cette station, et surtout à partir de Koukou-Khoto, se succèdent de longs chaînons montagneux, qui suivent la rive nord du Hoang-ho jusqu'à son coude nord-ouest. Les renseignements les

1. L. von Lóczy, *Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Reise des Grafen* Béla Széchenyi *in Ostasien*, I, 1893, p. 492 et suiv. Depuis, Futterer a franchi ces montagnes isolées; K. Futterer, *Durch Asien. Erfahrungen, Forschungen und Sammlungen während der von Amtmann Dr.* Holderer *unternommenen Reise*, I. *Geographische Charakter-Bilder*, in-8°, Berlin, 1901, p. 471 et suiv.

plus importants sur ces régions peu connues ont été donnés par Armand David et par Prjévalsky[1].

Un peu à l'Ouest de Oerr-shi-san-hau (par environ 40° 47′ de lat. N. et 113° 18′ de long. E.) se trouve, tout entourée de laves, une nappe d'eau. David la qualifie d' « étang » ; dans la relation de Prjévalsky, elle porte le nom de Kir-Nor. De ces laves émerge, d'après Prjévalsky, la chaîne *Chara-Khada*, probablement appelée ainsi à cause de ses calcaires jaunes. Elle court au S.W., dans la direction de Koukou-Khoto. A cinquante kilomètres plus à l'Ouest vient la chaîne parallèle *Souma-Khada*, plus élevée que la précédente et n'étant comme elle rocheuse que sur les bords; elle est presque entièrement granitique; son pied se trouve à 1 600 ou 1 700 mètres. Au Nord de Koukou-Khoto se dresse un chaînon long et étroit, qui n'est peut-être qu'un prolongement du Chara-Khada; en changeant de direction, de S.W. à W.S.W., il se rapproche du Hoang-ho. Sur un grand nombre de cartes, il porte le nom d'*In-Chan*. D'après Prjévalsky, ce nom s'applique à toutes les montagnes qui bordent la partie du Hoang-ho dirigée de l'W. à l'E. Ce chaînon longe le fleuve au Nord de la ville de Bao-tou, sous la forme d'une muraille haute et abrupte. David l'appelle Monts Ouratou. Cet audacieux explorateur a franchi l'Ouratou au Nord de Sartshy (un peu à l'Est de Bao-tou). Après avoir traversé une bande de granite et de porphyre, il atteignit une zone assez large de terrain houiller et de grès, puis, au delà de Ché-kouen, les montagnes gneissiques et granitiques de Ou-than-djao, la haute plaine d'Ou-Teuïni-Gol, la chaîne gneissique du Tchanghini-Oula, qui est parallèle à l'Ouratou, la plaine desséchée de Mao-min-ngan et encore une chaîne de gneiss. C'est ainsi que la région montagneuse située au Nord du Hoang-ho se divise suivant des lignes parallèles[2].

L'In-Chan (Ouratou) se termine brusquement, d'après Prjévalsky, après un cours de 250 kilomètres, au chaînon rocheux de Mouni-Oula (le Wula-Chan de Rockhill), qui paraît présenter les mêmes caractères. La partie occidentale de l'In-Chan, le Syroun-boulyk et le Mouni-Oula sont formés de granite, de gneiss, de

1. P. Armand David, *Journal d'un voyage en Mongolie fait en 1866* (Nouv. Archives du Muséum, Paris, III, 1867, Bulletin, p. 18-96, pl. 4-7 : cartes; et IV, 1868, Bulletin, p. 1-83, pl. 1-2 : cartes); N. v. Prschewalski, *Reisen in der Mongolei, im Gebiete der Tanguten und den Wüsten Nord-Tibets in den Jahren 1870-1873*, deutsch von A. Kohn, in-8°, Jena, 1877, p. 120, 134, 217, et ailleurs.

2. David figure sur la pl. 2 du tome IV, au delà de la dernière chaîne de gneiss que nous mentionnons ici, une large plaine où se trouvent deux lacs d'eau saumâtre et une nouvelle chaîne granitique, encore plus éloignée, au Nord de cette plaine.

granulite, de roches à amphibole, puis de porphyre et de roches éruptives plus récentes. Le Mouni-Oula dépasse 8 000 pieds [plus de 2 438 m.]; il forme une bande nettement limitée de 100 kilomètres de long sur environ 25 kilomètres de large et a un aspect sauvage, vraiment alpin. Son extrémité occidentale est située un peu au Nord du Hoang-ho (108° 30′).

On remarque déjà depuis Koukou-Khoto la disposition oblique, en coulisses, de ces chaînons, telle que l'extrémité orientale de chacun d'eux déborde sur l'extrémité occidentale du précédent vers le Nord. A partir de là cette disposition devient encore plus frappante.

Au versant nord de l'In-Chan occidental s'adosse un chaînon court, le Chokhoïn-Daban ou « Montagne du Calcaire », et au Nord de ce chaînon apparaît une nouvelle coulisse, le Cheïten-Oula, dirigée W.S.W. ou E.-W. Elle représente le début de la chaîne des « Montagnes Noires », *Khara-narin-Oula*, qui s'allonge en arc de cercle sur 370 kilomètres, en s'infléchissant de l'W.S.W. au S.W. et en encadrant ainsi dans sa concavité tout le coude nord-ouest du Hoang-ho. Prjévalsky connaissait déjà la descente brusque sur le Hoang-ho et les roches archéennes de ces montagnes, mais, comme en tant d'autres endroits, les observations d'Obroutchev fournissent un tableau nouveau et très particulier de l'état des choses[1].

La mission de San-to-khou, sur les rives du Hoang-ho, est à 875 mètres. Une plaine fort large d'alluvions récentes, où s'entrecroisent d'anciens lits du grand fleuve, la sépare du pied des montagnes (930 m.). La hauteur relative du Khara-narin-Oula dans ces parages ne dépasse guère 1 000 ou 1 200 mètres; la chaîne est d'ailleurs traversée dans toute sa largeur par un long défilé, le Gyr-obo-khoundy, qui permet de la franchir à 1 580 mètres d'altitude. On y trouve du gneiss et du granite, des schistes anciens et des calcaires cristallins, mais ces roches n'épousent pas la direction de l'arc montagneux et s'orientent au N.N.E. Il en résulte que la chaîne se subdivise en un grand nombre de bandes accolées l'une à l'autre, dont quelques-unes, les bandes de granite et de gneiss, présentent des contours arrondis, tandis que les autres, celles où dominent les schistes, culminent dans des cimes aiguës. Des gorges obliques entaillent la chaîne parallèlement à la direction des couches, et la plus importante est celle du Gyr-obo-khoundy.

1. Obroutchev, *Esquisse orographique et géologique de la Mongolie Centrale*, etc., r. (Izviestiïa Soc. Imp. Russe de Géogr., XXX, 1894, p. 239, 243); *L'Asie Centrale, le Nord de la Chine et le Nan-Chan*, II, p. 434-476.

Ainsi, l'idée d'un simple affaissement du Gobi vers l'Ala-Chan, suivant la ligne du Hoang-ho, ne correspondrait pas à la réalité des faits. L'allure en coulisses obliques de l'In-Chan et des autres chaînes au Nord du Hoang-ho continue bien plutôt à régner dans le Khara-narin-Oula, et montre que cette partie du Gobi a été affectée par un mouvement de plissement oblique par rapport à la bordure du plateau de l'Ordos, mouvement qui a produit les coulisses.

Cette hypothèse se confirme dès que l'on considère les parties du Gobi situées au delà du Khara-narin-Oula au Nord-Ouest. Tout ce territoire, jusqu'à une grande distance, jusqu'aux contreforts de l'Altaï Mongol, correspond à une région plissée. Obroutchev a suivi cet itinéraire vers le N.W., à travers le Khara-narin-Oula, mais il est impossible d'énumérer les nombreux chaînons qu'il a croisés. Sur environ 90 verstes à partir du versant nord-ouest du Khara-narin-Oula, les roches archéennes prédominent, et en même temps les altitudes diminuent au N.W. de 1 400 à 1 000 mètres. Ensuite vient une bande désertique très déprimée (760 m.), s'alignant au N.E., puis des porphyres, des calcaires et les grès suprahouillers prennent une part importante à la constitution des plis, lesquels sont d'ailleurs profondément dégradés. La direction est devenue E.-W. et même, par places, W.N.W. Le mont Dsokhé (1 700 m.) montre des intrusions de syénite; de nombreuses collines porphyriques viennent ensuite, et l'on atteint bientôt le Khourkhou et l'extrémité orientale de l'Altaï Mongol[1].

Ainsi, le Gobi est absolument différent de l'Ordos. Cette fois, nous voyons se reproduire le contraste des Alpes et de l'avant-pays, constitué suivant un autre type, contraste que nous ne retrouvions pas jusqu'ici dans les Altaïdes, simple cortège du faîte. *Nous sommes arrivés au bord nettement dessiné des Altaïdes du côté de leur avant-pays.*

Au Khara-narin-Oula fait suite, en guise de prolongement dirigé vers le S.W., la longue crête de l'Argalintaï. Elle s'éloigne de plus en plus du fleuve, et d'après les descriptions antérieures, on admettait qu'elle se termine par 38° 30′ environ dans le désert d'Ala-Chan. En réalité, il n'en est pas ainsi. Bien plus au S.W., Kaznakov a rencontré la longue croupe du Bourgousté-Oula, qui s'abaisse brusquement vers le S., en certains endroits aussi à pic qu'un mur[2]. Plus loin

1. Obroutchev, *L'Asie Centrale, le Nord de la Chine et le Nan-Chan*, II, p. 434; Polypiers paléozoïques à Tsalagaï, p. 447.

2. A. N. Kaznakov, *Rapport préliminaire sur un voyage à travers le Gobi, du temple de Tsourakhaï-Datsan au temple de Tchortynton dans le Kan-sou*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXVI, 1900, p. 153-169, carte; en particulier p. 165).

encore dans la même direction du S.W. s'élèvent les *Gori Iavaraï*, qu'a traversés Kozlov. Cette chaîne a 100 verstes de longueur et 15 verstes de large, et le col d'Oboto-Daban est à 5400 pieds [2640 m.]. Son versant méridional, dit Kozlov, présente des coupures séparant des montagnes alignées en séries, dont les parois sont très escarpées. On peut supposer qu'il y a là une répétition de la structure de la chaîne principale[1].

Ainsi, les prolongements du Khara-narin-Oula se poursuivent au loin, à travers le désert, dans la direction de Kansou, et jusqu'à 120 verstes environ de cette ville.

Tandis que le Khara-narin-Oula s'écarte du Hoang-ho, de nouvelles coulisses apparaissent dans l'intervalle.

Sur la rive droite du fleuve s'élève, par environ 40°15′, une longue rangée de chaînes qui s'alignent au Sud ; on l'appelle dans sa partie septentrionale *Arbis-Oula*, et après avoir porté divers noms (Orantechi, Kantageri, etc.), elle atteint Khara-khoto (39°15′); mais tandis qu'elle diminue de hauteur avant de disparaître sous la plaine, surgit bientôt sur la rive gauche l'extrémité septentrionale de la haute chaîne de l'*Ala-Chan*, également alignée N.-S.

Ning-sia-fou, sur le Hoang-ho (38°30′) est à 1030 mètres ; les cimes escarpées de l'Ala-Chan, à l'Ouest de cette ville, dépassent 3000 mètres; sur le versant occidental de la chaîne, l'altitude des sables de l'Ala-Chan varie de 1350 à 1500 mètres.

Là, en face de Ning-sia-fou, la chaîne est formée de deux crêtes, l'une au Nord, s'avançant davantage à l'E., l'autre au Sud, se rattachant à la première à l'W. Là où ces deux crêtes se touchent se trouve un col (2540 m.), par lequel on atteint la ville de Fou-ma-fou, dans le désert. Obroutchev a gravi ce col et il y a constaté un fait inattendu, c'est que la crête méridionale tout entière représente un pli anticlinal renversé vers l'Est, c'est-à-dire vers le Hoang-ho, de grès supra-houiller, de terrain houiller productif et de calcaire carbonifère. L'épaisseur de ces dépôts dépasse sans doute 3000 mètres; sur le versant de l'Est, toute la série est renversée; sur le versant de l'Ouest, au contraire, elle est normale. Les blocs de calcaire sinien qui forment les éboulis des hautes cimes permettent de croire qu'au sommet, cet étage a été poussé en recouvrement par-dessus le terrain carbonifère[2].

Prjévalsky a fait l'ascension d'un sommet situé plus au Sud, le

1. P. K. Kozlov, *Rapport sur l'Expédition —*, 14 mars 1900 (Izviestiia, XXXV, 1900, p. 144).
2. Obroutchev, *L'Asie Centrale, le Nord de la Chine et le Nan-Chan*, I, p. 309 et suiv., en particulier p. 326, carte.

Bougoutouï (3 300 m.), et y a trouvé un conglomérat quartzeux[1].

Nous approchons du nouveau coude que le Hoang-ho décrit entre 38° et 37° 30′. Quoique le fleuve, un peu au Sud du 38°, recoupe l'extrémité septentrionale de la chaîne du Niou-toou-Chan, ce coude est déterminé d'une façon générale par la structure des montagnes adjacentes. Cette fois encore, nous devons recourir à peu près exclusivement aux observations d'Obroutchev.

Déjà au voisinage de Ning-sia-fou commence, sur la rive droite du Hoang-ho, la chaîne de l'*Archan-Oula*, répondant probablement à un anticlinal de calcaire sinien, transformé par pression en une sorte de brèche. Dans la chaîne qui vient ensuite vers l'amont et

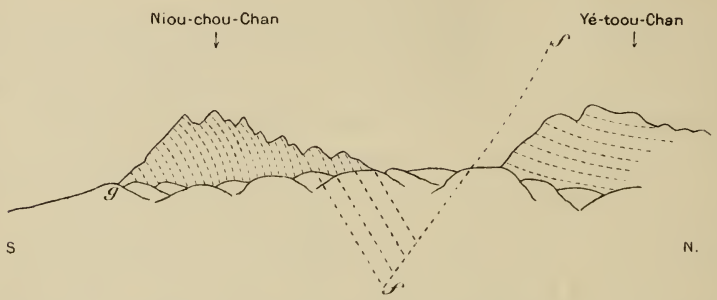


Fig. 32. — Coupe de Niou-Chou-Chan au Yé-toou-Chan, d'après Obroutchev (*L'Asie Centrale*, etc., I, p. 337, fig. 88).

g, Dépôts du Gobi; *f*, *f*, Faille.

dont nous venons de parler, le Niou-toou-Chan, apparaît déjà la direction S.S.W., qui correspond à la courbure du fleuve.

Plus remarquables encore sont les accidents de la rive gauche. L'Ala-Chan se rattache vers le Sud aux Monts *Yé-toou-Chan*, larges et moins élevés, qu'Obroutchev considère comme un horst, et limités au Sud, à peu près suivant la direction E.-W., par une cassure le long de laquelle le chaînon du *Niou-Chou-Chan* paraît s'être affaissé (fig. 32). Dans les deux massifs, les couches plongent au N. ou au N.W.; la direction générale du Niou-Chou-Chan est S.W., et il est formé de grès supra-houiller. Quelques affleurements de ce grès se montrent aussi sur le cours même du Hoang-ho, qui, en ce point, se dirige presque W.-E.[2].

Au Nord du fleuve, le versant méridional du Yé-toou-Chan et de ses avant-monts effondrés se prolonge longtemps encore vers

1. N. v. Prschewalski, *Reisen in der Mongolei*, 1877, etc., p. 232.
2. Obroutchev, *L'Asie Centrale, le Nord de la Chine et le Nan-Chan*, I, p. 337, fig. 88.

l'Ouest. En aval de Tchoung-wéi, on voit au voisinage du fleuve un anticlinal dirigé S. 210° W. Ainsi, la déviation est complète.

Rockhill rapporte qu'il s'est avancé encore un peu plus à l'Ouest jusque vers In-pan-choui (près du 104° de long. E.), au Sud d'une rangée de montagnes ayant 800 pieds [250 m.] de hauteur relative, le *Hsi-Chan;* on y trouve de la houille et du grès rouge[1]. Au Sud de ce parcours est située la longue chaîne du *Da-tso-beï-Chan,* qui s'aligne à l'W.S.W. et où les couches du grès supra-houiller plongent régulièrement au S.S.E.

Quelles que puissent être d'ailleurs les complications de détail, il n'en demeure pas moins établi que le grand coude du Hoang-ho qui se dessine entre 37° 30′ et 38° correspond à une conversion de la chaîne et des coulisses bordant le fleuve.

3. Bifurcation du Nan-Chan oriental. — Lóczy a déjà supposé que cette inflexion des chaînes du Hoang-ho est en rapport avec le mode de terminaison du Nan-Chan vers l'Est, et Obroutchev pense que les deux systèmes se rejoignent sous les sables de l'Ala-Chan.

De fait, en examinant attentivement le Nan-Chan oriental, il est impossible de ne pas accepter cette conclusion.

Dans les chaînes septentrionales du Nan-Chan oriental règnent des terrains paléozoïques très épais, tandis que les chaînes méridionales sont formées en majeure partie de gneiss et de roches schisteuses anciennes. Sur la bordure nord des Monts Richthofen, il existe, suivant le méridien du Koukou-Nor, une zone de mélaphyre[2]. Entre Lan-tchéou et Liang-tchéou, de 36° 30′ à 37° 30′, deux des chaînes du Nord s'avancent au loin vers l'Est, couvertes de neige. La chaîne septentrionale, le Momo-Chan, placée dans le prolongement des Monts Richthofen, se prolonge elle-même vers l'Est, après une courte interruption, par le haut Chi-tchotsé-Chan. La chaîne du Sud est le Chi-Chan, dont le prolongement à l'Est est appelé Ping-fan-Chan par Obroutchev.

Ainsi, le Nan-Chan dépasse à l'Est le méridien de Lan-tchéou. En même temps se produit une déviation dans la direction de l'Ala-Chan. Le Momo-Chan continue d'ailleurs à suivre la direc-

1. W. Woodville Rockhill, *Diary of a Journey through Mongolia and Tibet in 1891 and 1892*, in-8°, Washington, Smithsonian Institution, 1894, p. 40, 45.

2. Un peu plus à l'Ouest, dans le bassin du Khyi-khé, en un point qui doit correspondre au centre du versant méridional des Monts Richthofen, Potanin a depuis longtemps découvert des fossiles du Carbonifère inférieur; P. Venukoff, *La faune du calcaire carbonifère inférieur du Bardoun en Mongolie*, r. f. (Verhandl. d. Russisch-k. Mineralog. Ges., 2. Ser., XXV, 1889, p. 210-227, pl. II).

tion maîtresse de l'E.S.E., mais vers l'extrémité orientale du Chi-tchotsé-Chan, et en particulier autour des mines de charbon de Ta-la-pou, la direction générale a tourné à l'E.N.E. Or là, nous nous trouvons déjà sur le méridien du Hsi-Chan de Rockhill, déjà signalé, et près de celui du Da-tso-beï-Chan [1].

La direction N.E. ou E.N.E. est d'ailleurs également visible au cœur même du Nan-Chan oriental, par exemple dans les terrains archéens qui forment les berges rocheuses de la rivière Si-ning jusqu'au confluent du Da-toun [2]. Toutefois on ne voit pas cette allure se prolonger dans les chaînes voisines, qui suivent la direction générale W.N.W. C'est seulement bien plus à l'Est, dans la gorge du Hoang-ho en aval de Lan-tchéou, qu'on retrouve du gneiss affectant la direction N.E. Serions-nous là en présence d'un prolongement dévié de la chaîne Potanin-Amasourgou, dans le Nan-Chan ? C'est ce que les observations futures permettront peut-être de décider.

La chaîne méridionale du Koukou-Nor, formée de roches archéennes, constitue l'une des branches les plus importantes du Nan-Chan, mais elle s'abaisse très rapidement au Sud-Est. Les dépôts du Gobi, qui sont fort épais et ont une grande extension, dans la vallée du Si-ning comme dans celle du Hoang-ho, contournent au Sud la chaîne méridionale du Koukou-Nor; restés horizontaux au pied de ces montagnes, ils atteignent sur leurs pentes de fortes inclinaisons (70 à 80°). C'est une preuve de plus de la répétition des mouvements à une époque récente [3].

Au Sud de Lan-tchéou se dresse, d'après la description d'Obroutchev, la chaîne du Gouan-Chan, formée de Carbonifère et de grès supra-houiller (un col la traverse à 2 690 m.). On y observe des directions variables, aussi bien W.N.W. que N.E. Mais au delà du Gouan-Chan s'étale un plateau de couches du Gobi, large de plus de 60 verstes, qui règne jusqu'au Sud de la ville de Di-dao et jusqu'au pied des Monts Tchan-fan-Chan. Ce plateau est à plus de 2 000 mètres; le Tao et ses affluents se sont encaissés dans son

1. Obroutchev, *L'Asie Centrale, le Nord de la Chine et le Nan-Chan*, I, p. 359 et suiv. pour le Chi-tchotsé-Chan; p. 364 est signalée une courbure concave vers le N. subie par la direction des couches, au Sud de Ta-la-pou, qui coïncide peut-être exactement avec le point d'inflexion; pour la coupe du Pin-fan-Chan, voir p. 418 et suiv.; ce relief est formé de schistes métamorphiques, de porphyre augitique et de tufs, et son isolement n'est dû qu'à l'érosion, qui l'a séparé du Chi-Chan.

2. L. von Lóczy, *Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Reise des Grafen* Béla Széchenyi *in Ostasien*, I, p. 582 et suiv., 605 et suiv., 645; pour les rapports des Monts Potanin et de la chaîne du Koukou-Nor, voir la petite carte de la p. 603.

3. Obroutchev, *L'Asie Centrale, le Nord de la Chine et le Nan-Chan*, II, p. 97.

épaisseur. Obroutchev considère le Tchan-fan-Chan comme le début du groupe de chaînes qui se prolonge dans la direction du Tsin-ling-Chan[1]. En tout cas, nous nous trouvons déjà au Sud des chaînons infléchis au N.E. qui aboutissent à l'Ala-Chan. Il est possible que le plateau de Di-dao se prolonge vers l'Ouest par le massif élevé situé au Sud-Ouest de Balekoun-gomi, et qui est limité par le Koko-beïli; mais il ne s'étend pas plus loin du côté de l'Ouest.

Ce plateau indique probablement la bifurcation des chaînes du Nan-Chan, c'est-à-dire le lieu où les plis qui sont arrêtés par la bordure de l'Ordos se séparent de ceux qui se poursuivent en conservant leur direction première.

4. Résumé. — L'Ordos nous est apparu comme un plateau de l'avant-pays, le Gobi de l'Ala-Chan représentant au contraire une portion du domaine plissé des Altaïdes ; le Hoang-ho occupe donc, dans la partie de son cours dirigée du S. au N. puis de l'W. à l'E., une situation analogue à celle qui revient au Guadalquivir, en avant de la Cordillère bétique, ou au Gange, en avant de l'Himalaya. La présence sur la rive droite du fleuve de coulisses isolées, comme l'Arbis-Oula, est une répétition de ce qui se produit pour les avant-chaînes iraniennes sur la rive gauche de l'Indus, près de Rohri et de Hyderabad.

Au Nord-Ouest et à l'Ouest de ce coude du Hoang-ho, on reconnaît alors, conformément à ce qu'ont supposé les explorateurs qui connaissent le mieux le pays, *une structure en arc de cercle;* les plis correspondants font sans doute partie des Altaïdes, mais la différence entre le faîte ancien et le faîte récent cesse de s'y faire sentir, ou en d'autres termes, Saïanides et Altaïdes s'y confondent.

En partant de l'Ouest, de l'Adji-Bogdo dans l'Altaï Mongol, par conséquent du faîte primitif, une longue courbe pénètre dans le désert ; elle est jalonnée par le Baga-Bogdo, le Koukou-Tymyrty et toute une série de croupes rocheuses dénudées, jusqu'au Tostou et au Noïn-Bogdo, traversant ainsi toute la région désertique.

Au Sud de cette courbe, dans le Chiourten-Kholy-Gobi, nous devrions voir les coulisses du Tien-Chan ; elles ont disparu, en se coïnçant, avec le Karlyk-Tagh et l'Emir-Tagh.

Par suite de cette disparition, le Beï-Chan prend, dans l'ensemble, la direction W.-E. ; toutefois ses branches septentrionales présentent sur l'Edzin-Gol la déviation caractéristique à l'E.N.E. et au

1. Obroutchev, *L'Asie Centrale, le Nord de la Chine et le Nan-Chan,* II, p. 352, 357

N.E. : tel est le cas pour le Boro-Oula, qui franchit l'Edzin-Gol en devenant le Koukou-Oula, et aussi pour l'Edzin-Oula.

Alors apparaît, dans le désert, une longue chaîne arrivant du Nord-Est. Elle vient du coude même du Hoang-ho, du point où la propagation des plis rencontre l'obstacle le plus important. Elle est formée par les coulisses successives du Khara-narin-Oula, de l'Argalintaï, du Bourgousté-Oula et des Monts Iavaraï, et se dirige vers la ville de Kan-tchéou-fou.

De l'Ouest arrivent les chaînes géantes du Nan-Chan. Les plus septentrionales d'entre elles se conforment également à l'ordonnance générale du système et subissent la même déviation que les chaînes septentrionales du Beï-Chan, quoique plus à l'Est, à l'E. du méridien de Liang-tchéou. La première déviation se produit suivant la ligne Richthofen — Momo-Chan — Chi-tchotsé-Chan jusqu'aux mines de charbon de Ta-la-pou, et la seconde dans le Chi-Chan et le Pin-fan-Chan.

Il est impossible de dire exactement où cette inflexion des plis contre le plateau de l'Ordos se termine vers le Sud; peut-être est-elle encore visible dans le gneiss de la vallée du Hoang-ho, près de Lan-tchéou. Mais tandis que vers l'Est, ces chaînes se sont recourbées, dans l'Ouest elles restent serrées les unes contre les autres, et quand la déviation cesse, elles poursuivent régulièrement leur cours à l'W.N.W. au delà des limites dans lesquelles elle se faisait sentir. Il en va de même pour les chaînes situées au Sud du plateau de Di-dao, qui coïncide probablement avec la bifurcation.

Ainsi, toute la partie moyenne du Gobi, y compris le désert d'Ala-Chan, est pour nous le domaine d'un système de plis arrêtés vers l'Est par l'avant-pays de l'Ordos, se propageant vers le Sud jusqu'aux plis homologues du Kouen-lun central, se continuant très loin vers l'Ouest jusqu'au raccord du Nan-Chan occidental avec l'Altyn-Tagh et l'Anembar-Oula, et s'ouvrant au Nord-Ouest, au delà du Chiourten-Kholy-Gobi, pour faire place à la grande virgation du Tien-Chan.

Jetons maintenant un dernier coup d'œil sur les coulisses du Hoang-ho vers l'aval, depuis le Khara-Narin-Oula, en passant par les chaînes de l'In-Chan, jusqu'au Chara-Khada, qui à l'Est de Koukou-Khoto s'aligne au N.E. Ces chaînes paraissent se mouler exactement, comme position et comme direction, sur les branches principales du « gril » de Péking, jusqu'au Houng-Chan inclusivement, où le terrain cambrien affecte cependant une allure tabulaire. Elles sont d'ailleurs limitées par des accidents analogues à des

flexures, et les couches qui les constituent plongent en général au N.N.W., c'est-à-dire vers la Mongolie. Si les hypothèses de Richthofen venaient à être confirmées, — sur l'inflexion de ces accidents près de Kaï-ping et leur prolongement à l'Ouest de la vallée de Moukden, — la ressemblance serait encore plus frappante, et il en résulterait qu'il y a passage à la direction du Grand Khingan. Mais, je ne puis le contester, cet accord avec les résultats acquis sur la structure des chaînes voisines du Hoang-ho conduit à se demander si ces accidents sont bien de vraies flexures, résultant d'un affaissement, ou s'il ne serait pas préférable d'y voir l'effet d'un plissement plus simple, comme le suggère, en particulier, l'inclinaison prépondérante des couches au N.N.W.[1].

Ces résultats auront une influence non moins profonde sur l'interprétation de la structure du Grand Khingan.

La distance entre Jehol, au Sud, et l'Argoun, au Nord, est de neuf degrés de latitude. Il est exact que, dans cet intervalle, le pays est en général plus élevé à l'Ouest du Grand Khingan qu'à l'Est.

Malheureusement, les renseignements authentiques dont on dispose pour le Sud sont très maigres. Fritsche, en se dirigeant vers le Nord, a franchi la ligne de partage des eaux entre le Lan-ho et le Liao-ho par 117° 52' de long. E. et 41° 48' de lat. N. (altitude 1 237 m.),

1. F. von Richthofen, *Über Gestalt und Gliederung einer Grundlinie in der Mørphologie Ost-Asiens* (Sitzungsber. k. Preuss. Akad. Wiss. Berlin, 1900, XL, p. 904 et suiv.). Les coupes bien connues des environs de Kalgan ne permettent pas de résoudre la question; là, les montagnes chinoises sont bien plus élevées que la surface du Gobi, profondément dégradée et recouverte d'épanchements éruptifs plus récents, et dont l'altitude est de 1 400 mètres environ. La meilleure définition du mot « flexure » me paraît être fournie par l'expression de « Tafelabbiegung » dont se sert Heim (E. de Margerie et Alb. Heim, *Les Dislocations de l'Écorce terrestre*, in-8°, Zürich, 1888, p. 26). Or, comme en beaucoup d'endroits on constate une tendance au chevauchement des dépressions, fait dont nous avons déjà donné des exemples et dont nous aurons à signaler d'autres cas caractéristiques, une flexure peut facilement se renverser (*überschobene Flexur*), notamment quand l'avant-pays s'affaisse, et il est fort possible que quelques-uns des plus grands chevauchements connus résultent précisément de cette combinaison locale d'un mouvement d'affaissement et d'un mouvement tangentiel. Les difficultés proviennent de la ressemblance extérieure des simples plis déjetés, dus à un mouvement tangentiel, et des flexures produites par affaissement, et là est sans doute l'origine des objections formulées par Bittner (*Ueber einige geotektonische Begriffe und deren Anwendung*, Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXXVII, 1887, p. 404 et suiv.). Il y aurait d'ailleurs à tenir compte, en outre, des phénomènes compliqués qui, d'après Bailey Willis, contribuent à augmenter la déflexion au coude des « Step-folds » (B. Willis, *The Mechanics of Appalachian Structure*, XIIIth. Ann. Rep. U. S. Geol. Survey, 1891-92, part II, 1893, p. 273). Je serais disposé à admettre qu'il y a *flexure*, et par conséquent prépondérance de l'affaissement, quand une série d'accidents continus de ce genre se succèdent dans le même sens et sans être renversés, et de telle façon que leurs rejets s'ajoutent dans une direction déterminée; j'adopterais plutôt l'hypothèse du *plissement* quand cette totalisation ne se produit pas, et lorsque l'inclinaison en pente douce du flanc le plus allongé compense le plongement brusque du flanc le plus court.

et atteint un faisceau de chaînes parallèles courant N.N.W.-S.S.E.; au delà du Barin-dao, qui culmine en trois cimes arrondies (1 230 m.), le pays de montagnes à travers lequel l'itinéraire s'était développé depuis Péking cesse, pour faire place à une sorte de plateau. Dans cette région, la carte de Fritsche porte les cotes 846, 1080, 1630, 1208 m., etc.[1].

De Kalgan à Feng-ning-hien (117°10' de long. E., 41°13' de lat. N.), la direction générale des montagnes est E.N.E., puis plutôt N.N.E., N., et enfin, dans la partie méridionale du Khingan proprement dit, N.N.W. Cette allure, indiquée par Fritsche, cadre assez bien avec la déviation probable que nous signalions près de Kaïping, mais il n'est guère possible d'en tirer la conclusion que le Grand Khingan correspond lui-même à une flexure. Nous savons que cette chaîne présente parfois, sur son versant oriental, une pente très brusque, mais nous savons aussi que dans le Nord, c'est certainement une zone de plissement très large, et que même les couches de l'Angara, dans la plaine adjacente de l'Amour, sont affectées de plis posthumes; nous avons vu en outre que le Gobi, à l'Ouest du Grand Khingan, est une région plissée, et que des rhyolites et des basaltes affleurent de part et d'autre, mais, chose singulière, ne pénètrent pas dans le « gril » de Péking.

D'après cela, l'hypothèse qui s'accorde le mieux avec l'état actuel des observations, c'est que *le Grand Khingan est une chaîne de plissement analogue aux Monts Aldan et au Sikhota-Alin*, chaînes qui sont bordées à l'Est par des paliers incomparablement plus bas et qui affectent une allure tout à fait semblable. Le Khara-narin-Oula et l'Ala-Chan ont pour vis-à-vis le plateau de l'Ordos et représentent le bord externe refoulé des Altaïdes. Le Grand Khingan, auquel fait face la Mandchourie, région également plissée, peut être regardé comme une dernière manifestation de ce plissement venant de l'Altaï et embrassant tout le Sud de l'ancien faîte : le phénomène vient ainsi se confondre avec la formation des chaînes périphériques de l'Est.

5. Kouen-lun central et oriental. — Comme l'a montré F. von Richthofen, le nom de Kouen-lun apparaît déjà dans le *Yu-Koung*, ce livre qui remonte au vingt-troisième siècle avant notre ère; et la vénération qui est le privilège de l'âge l'entoure. Mais il est difficile de dire quelles sont les montagnes qui, dans l'antiquité, étaient appelées ainsi. La grande majorité des écrivains chinois,

1. H. Fritsche, *Ein Beitrag zur Geographie und Lehre vom Erdmagnetismus Asiens und Europas* (Petermanns Mitteilungen, Ergänzungsheft Nr. 78, 1885, cartes, p. 10).

ajoute Richthofen, place les Monts Kouen-lun dans la région de la « Mer des Étoiles », au voisinage des sources du Hoang-ho. Nous nous en tiendrons à cette tradition[1].

Donc, il n'est pas douteux que les chaînes puissantes qui débordent si loin, à l'W.N.W. et à l'E.S.E., le méridien du Koukou-Nor, depuis l'Arka-Tagh (chaîne Prjévalsky) jusqu'au Tsin-ling-Chan, et que F. von Richthofen réunit sous le nom de Kouen-lun central et oriental, aient droit à cette appellation. Richthofen place la limite ouest du Kouen-lun central vers le 89e degré de longitude. Les connaissances actuelles sur le tronçon occidental de l'Arka-Tagh nous autorisent, semble-t-il, à la repousser jusqu'à 87° ou 86° 30′. Quant aux montagnes situées à l'Ouest de 86° 30′, les faits acquis

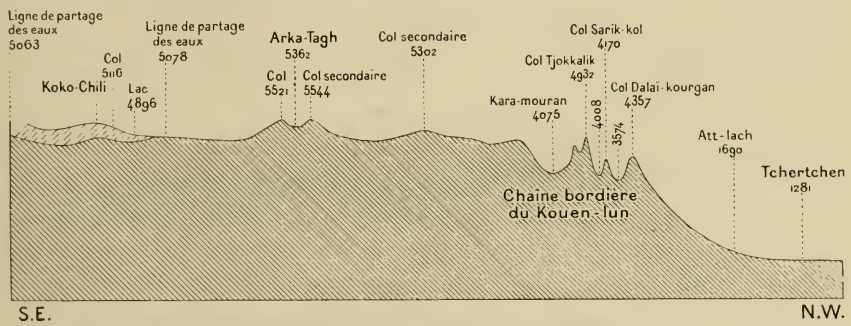


Fig. 33. — Coupe du Koko-Chili à la plaine du Tchertchen-Daria, d'après Sven Hedin.

Échelle des longueurs 1 : 4000000 ; hauteurs 1 : 200000.
La « Chaîne bordière du Kouen-lun » correspond à l'arc de Yarkend.

dans ces dernières années me paraissent conduire à une interprétation différente, en justifiant la séparation du Kouen-lun central et du Kouen-lun occidental.

Bogdanovitch a insisté sur la continuité du cadre demi-circulaire qui entoure la dépression du Yarkend-Daria. Cet arc s'étend des Monts Moustagh-Ata, au Nord-Ouest, jusqu'à la chaîne gneissique du San-sian-tsy, près d'An-si, au Nord-Est. Faute d'un nom particulier, nous l'appellerons Kouen-lun occidental ou encore *arc de Yarkend*[2].

1. F. von Richthofen, *China*, I, p. 225 et suiv.

2. Richthofen avait comparé le Ta-pa-Chan à l'inflexion de l'arc dinarique contre les Alpes Méridionales; Bogdanovitch met en parallèle les rapports du Kouen-lun central avec l'arc de Yarkend et le Ta-pa-Chan; *Einige Bemerkungen über das System des Kwenlun* (Mittheil. k. k. Geogr. Ges. Wien, XXXVIII, 1895, p. 519); voir aussi G. Wegener, *Die Entschleierung der unbekanntesten Teile von Tibet und die tibetische Centralkette* (v. Richthofen-Festschrift, in-8°, Berlin, 1893, p. 414). C'est à regret que je me sers des mots « Dépression du Tarym » et « Monts du Tarym », car, d'après Prjévalsky, le nom de Tarym comme nom de fleuve est absolument inconnu des habitants du pays. Tarym veut dire « champ » ou « terre cultivable », et comme les fonctionnaires chinois élèvent les impôts en proportion de la quantité d'eau employée pour les irrigations, ce mot a fini par être appliqué au fleuve.

Au Nord-Ouest, cet arc est large et comprend plusieurs chaînes très élevées; au centre, il est haut mais étroit, et coupé de vallées transversales; au Nord-Est, il se résout en une série de coulisses longues et élevées, alternantes, dans les intervalles desquelles les cours d'eau ont assez d'espace pour trouver une issue au dehors. Mais ces coulisses, en particulier l'Altyn-Tagh, l'Anembar-Oula et le San-sian-tsy, conservent la direction caractéristique de l'arc, E.N.E. ou N.E., et tous les chaînons du Nan-Chan s'infléchissent brusquement à leur rencontre, comme nous l'avons déjà montré. C'est ainsi, disions-nous, que se forment des compartiments comme le Syrtyn, le Tsaïdam et la dépression des lacs Koum-Koul; l'angle de rebroussement devient de plus en plus obtus et la chaîne Prjévalsky finit

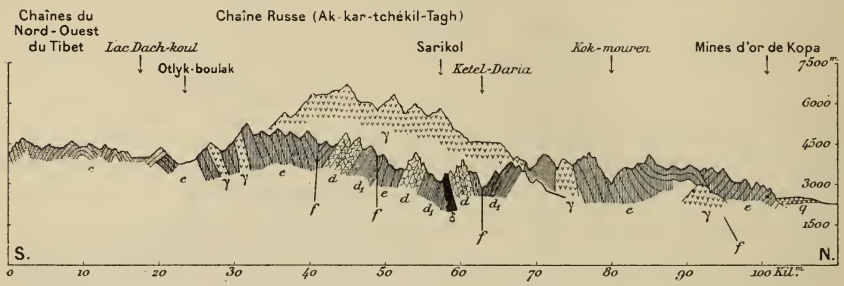


Fig. 34. — La Chaîne Russe ou Ak-kar-tchékil-Tagh, d'après Bogdanovitch (*Travaux de l'Expédition au Tibet*, r., II, St.-Pétersbourg, 1892, pl. III, fig. 6).

d_1, d, e, Dévonien; c, Carbonifère; γ, Granite; d, Diabase; q, alluvions anciennes; f, f, Failles. — Échelle des longueurs 1 : 1 000 000; hauteurs 1 : 300 000 environ.

par être presque rectiligne. Cette haute et large chaîne atteint, vers 86° 30′, le bord sud de l'arc et se confond probablement avec lui sur une certaine distance, de manière à constituer un tout indivisible au point de vue morphologique. Mais il suffit d'examiner les coupes de Bogdanovitch (fig. 34) pour constater que sur le méridien de Kopa, il n'existe plus qu'une seule chaîne principale, la Chaîne Russe (Akkar-tchékil-Tagh)[1].

Nous considérons l'Arka-Tagh ou chaîne Prjévalsky comme la partie du Kouen-lun central qui s'avance le plus vers l'Ouest, jusque entre 86° et 87° de long. E. Cette chaîne se distingue, fait très remarquable, par la présence de roches volcaniques récentes. La première découverte certaine, à cet égard, est due à Dutreuil de

1. Je renvoie le lecteur à la belle carte de B. Hassenstein, jointe au mémoire de Sven Hedin : *Die geographisch-wissenschaftlichen Ergebnisse meiner Reisen in Zentralasien, 1894-1897* (Petermanns Mitteil., Ergänzungsheft Nr. 131, 1900, 3 feuilles à 1 : 1 000 000); voir aussi M. Friedrichsen, *Morphologie des Tiënschan* (Zeitschr. Ges. für Erdkunde; Berlin, XXXIV, 1899, 141 p., carte).

Rhins, qui rapporta des scories basaltiques vacuolaires des montagnes situées à l'Ouest de l'Atchit-Nor[1]. Henri d'Orléans et Bonvalot signalent en plusieurs endroits des volcans et des champs de scories, mais les preuves positives manquent. Il en est de même pour ceux qu'a indiqués Littledale. Au contraire, Sven Hedin a vu près de l'extrémité occidentale de l'Arka-Tagh, par 86°, ainsi que sur d'autres points du versant méridional de cette chaîne, des tufs et des nappes d'épanchement; d'après Bäckström, la roche provenant d'un point situé par 87° 30′ est une andésite à bronzite, évidemment récente[2].

De nombreuses chaînes, courant toutes plus ou moins vers l'E.S.E., font suite aux Monts Prjévalsky, longent le bord sud du Tsaïdam et, sous les noms de Sian-si-beï, Ougoutou, etc., atteignent au Sud du plateau de Balekoun-gomi le Hoang-ho. Prjévalsky savait déjà que la chaîne de Djoupar, à l'Est de ce fleuve, doit être regardée comme leur prolongement. Futterer, de la chaîne méridionale du Koukou-Nor, s'est avancé dans la direction du Sud jusqu'au Hoang-ho, en traversant le Dabasoun-Gobi et la partie orientale des coulisses situées au Nord du Tsaïdam, qu'Obroutchev nomme Monts Séménov. Le voyageur allemand a trouvé que les Monts Séménov, comme les autres coulisses, sont formés de terrains anciens précédés d'une bande de Carbonifère, et que la chaîne se prolonge vers Balekoun-gomi, c'est-à-dire vers l'E.S.E. Plus au Sud, il a atteint, à l'Est du Hoang-ho, les Monts Djoupar et constaté que la même direction E.S.E. règne non seulement jusque là, mais encore jusqu'à la ligne de partage des eaux du Tao. Cet itinéraire vient ainsi se relier d'une façon très heureuse aux observations faites dans la vallée du Tao[3].

Parmi les nombreux titres qu'Obroutchev s'est acquis à notre reconnaissance en étudiant la structure de l'Asie Intérieure, l'un des plus importants me paraît être le levé de la coupe transversale qui, sur près de quatre degrés de latitude, s'étend de Lan-tchéou jusqu'au « Bassin Rouge » du Sé-tchouen (fig. 35) : en effet, grâce à ce document, nous pouvons désormais nous rendre compte de la façon

1. St. Meunier, *Note géologique* (dans J.-L. Dutreuil de Rhins, *Mission scientifique dans la Haute Asie, 1890-1895*, in-4°, Paris, III, 1898, p. 295). Il y a bien des indications sur l'existence de volcans au Sud de la chaîne Prjévalsky, mais les renseignements dont je dispose à ce sujet ne s'appuient, en fait de preuves, que sur la forme des montagnes.

2. Sven Hedin, *Die geographisch-wissenschaftlichen Ergebnisse meiner Reisen in Zentralasien, 1894-1897* (Petermanns Mitteil., Ergänzungsheft Nr. 131, 1900; voir en particulier p. 375-378 : H. Bäckström, *Ueber jungvulkanische Eruptivgesteine aus Tibet*).

3. K. Futterer dnu Holderer, *Dritter Bericht über die Reise durch Central-Asien und China* (Verhandl. Ges. für Erdkunde, Berlin, XXVI, 1899, p. 142, 144). L'aspect du pays est décrit avec beaucoup de netteté par Futterer, *Durch Asien*, etc. I. *Geographische Charakter-Bilder*, p. 318 et suiv.

dont les montagnes occidentales vont se raccorder avec le Tsin-ling-Chan[1].

Nous avons déjà parlé de la partie nord de cette coupe, le haut plateau de Di-dao, qui est formé de dépôts du Gobi, et le Tchan-fan-Chan, que l'on regarde comme la plus septentrionale des chaînes allant rejoindre le Tsin-ling-Chan. Les couches du Gobi se redressent sur son versant nord, exactement comme sur le versant sud de la chaîne méridionale du Koukou-Nor. Sur ce versant du Nord (par environ 103° 50′ de long. E. et 35° 9′ de lat. N., d'après l'itinéraire) apparaît du basalte : peut-être est-ce un prolongement des formations volcaniques récentes qui sont si caractéristiques pour la chaîne Prjévalsky[2]. Le Tchan-fan-Chan consiste en sédiments paléozoïques plissés, s'orientant W.N.W. (280° à 300°), et renfermant, sur le versant sud, des empreintes de *Knorria* et de *Lepidodendron*.

Dans les chaînes qui suivent au Sud, la même direction W.N.W. ou N.W. règne sur une distance de 200 verstes, jusque vers le confluent du Djorni avec le Peï-Chouï (par 33° 25′ de lat. N. environ). C'est dans cette région que les montagnes occidentales se relient au Tsin-ling-Chan. Obroutchev ne signale sur toute l'étendue de la coupe aucune bande importante de gneiss ou de granite; çà et là se montrent des schistes anciens, mais, dans l'ensemble, on ne voit qu'une succession de plis paléozoïques étroitement serrés, où ont été trouvées des traces de fossiles dévoniens et carbonifères. Ces plis forment, l'un après l'autre, les chaînes du Tchan-fan-Chan et du Siao-Chan (3400 à 3600 m.), la crête du Ya-lin (2810 m.), qui sert de ligne de partage des eaux entre les bassins du Tao et du Peï-Chouï et jusqu'où les dépôts du Gobi paraissent remonter sur les flancs du Ya-lin-Chan, puis la chaîne rocheuse du Min-Chan (4000 m.), où l'on reconnaît suivant le tracé de la coupe un synclinal de grès suprahouiller renversé vers le S.W.

Il ressort en outre des indications précises données par Obroutchev qu'un peu au Sud du confluent précité du Djorni et au voisinage de la ville de Tsy-tchéou, la direction des plis se modifie. Déjà, en

1. Obroutchev, *L'Asie Centrale, le Nord de la Chine et le Nan-Chan*, II, p. 304-361. Cette ligne de coupe est également remarquable à d'autres égards : on a souvent signalé le contraste qui existe entre les vallées du Tsin-ling, transversales pour la plupart, et celles du massif tibétain, longitudinales en majeure partie; la ligne en question coïncide avec la limite des vallées transversales méridiennes, et déjà dans quelques affluents supérieurs du Hoang-ho apparaît la direction caractéristique du N.W. — tels le Ri-tchiou et le Rka-tchiou sur la carte de l'Amdo de Potanin (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXIII, 1877).

2. Obroutchev, *L'Asie Centrale, le Nord de la Chine et le Nan-Chan*, II, p. 352.

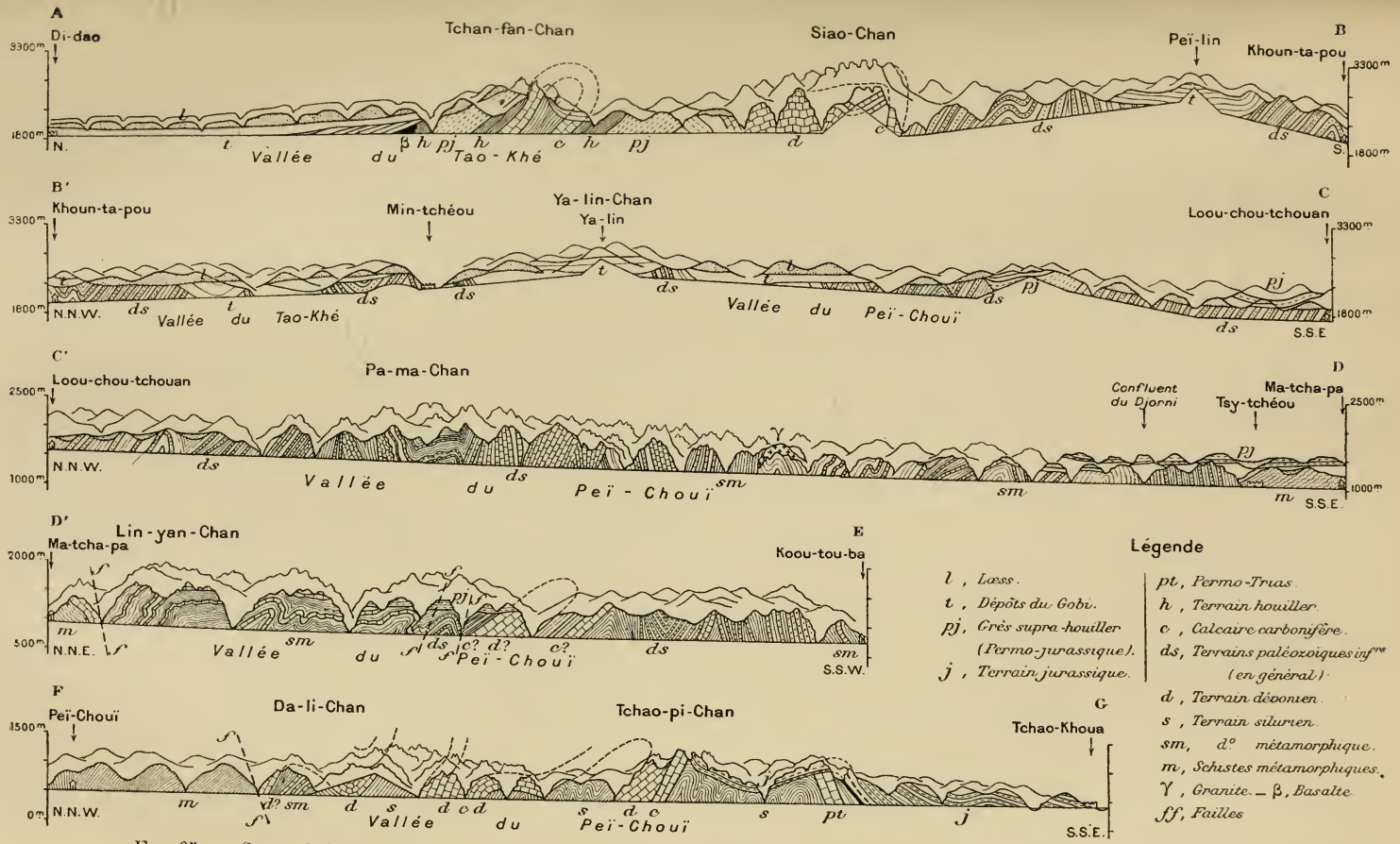


FIG. 35. — Coupe de Di-dao au Bassin Rouge du Sé-tchouen, d'après Obroutchev (*L'Asie Centrale*, etc., II, p. 356, pl. II).

Échelle des longueurs 1 : 400 000 environ; hauteurs 1 : 125 000.

amont de cette localité, les schistes anciens, chloriteux et aussi tourmalinifères, deviennent plus fréquents. Au point où le Peï-Chouï perce les Monts Lin-yan-Chan en décrivant un coude, la direction des plis, sur une certaine distance, devient E.-W. avec renversement au Sud, puis elle passe à N. 60-80° E. pour retourner à E.-W. dans le Pa-nan-Chan et se fixer définitivement dans le Pi-Chan à N. 60° E., direction qui se maintient sur 50 ou 60 verstes jusqu'au bord du Bassin Rouge.

Ces montagnes méridionales, orientées N.E., se relient comme on le voit par des plis intermédiaires au faisceau dirigé W.N.W. Elles sont constituées au Nord par des schistes chloriteux et des phyllades; plus au Sud, dans le Da-li-Chan, il y a des sédiments paléozoïques appartenant au Silurien supérieur ou au Dévonien, puis du calcaire à Fusulines. C'est là que se produit un renversement au S.E. Ensuite viennent, en discordance, les épais conglomérats de la bordure du Bassin Rouge. Dans les couches à empreintes végétales de ce bassin, on observe de légers mouvements posthumes.

La ville de Lan-tchéou est située à l'Ouest du 104° de long. E.; la coupe que nous venons de décrire à travers les chaînons orientés N.E., avec le Pi-Chan et le Da-li-Chan, passe entre 105° et 105° 45′. Les coupes du Tsin-ling-Chan publiées par Richthofen, Lóczy et Obroutchev passent entre 106° 30′ et 107° 30′.

Nous avons déjà tiré des travaux de Richthofen la conclusion que cette grande chaîne, en dépit de l'unité apparente de son relief, comprend deux parties dont la direction est différente (II, p. 312). La partie septentrionale, le vrai *Tsin-ling-Chan*, s'étend de la vallée du Weï au massif granitique de Liou-pa-ting, et possède la structure d'une chaîne dissymétrique normale : elle comprend une zone de gneiss, une seconde zone de schistes anciens avec du Carbonifère supérieur discordant, et une zone paléozoïque au milieu de laquelle se dresse le culot de granite de Liou-pa-ting, entouré d'une auréole de contact. Le Tsin-ling-Chan s'oriente W. 12° N. (282°). Cette direction correspond exactement, à l'Ouest. à celle des plis alignés W.N.W., du Tchan-fan-Chan au confluent du Djorni, et il convient sans doute de voir dans ce faisceau de chaînes le prolongement du Tsing-ling-Chan.

Au Sud du Tsin-ling-Chan et du massif granitique de Liou-pa-ting vient, à l'Est, une zone étroite, peut-être carbonifère, comprimée et déviée au contact des chaînes antérieures.

Richthofen comparait le Tsin-ling-Chan à une barre pesante qu'on appliquerait en biais sur une étoffe ridée de plis parallèles,

puis qu'on pousserait dans une direction perpendiculaire à son axe jusqu'à complète déviation de ces plis au contact[1]. Cette zone déviée doit probablement être comparée, dans la coupe de l'Ouest, à la zone beaucoup plus large qui s'étend du confluent du Djorni au Pi-Chan et où les directions varient de W.N.W. à E.-W. ou N.E.

Enfin, vient à l'Est la seconde chaîne, le *Ta-pa-Chan*, dirigée E.N.E., formée d'une zone de schistes gneissoïdes anciens presque toujours verticaux, puis de couches paléozoïques renversées au Sud, disposées en écailles, et enfin recouvertes par les couches à empreintes végétales du Bassin Rouge. Le Pi-Chan et le Da-li-Chan en sont les prolongements directs dans la coupe de l'Ouest. Là, la direction de l'E.N.E. est devenue N.E., conformément à l'inflexion qui se produit ensuite contre les montagnes courant vers le Yun-nan.

Laissons de côté provisoirement le Ta-pa-Chan et son inflexion au S.W. pour ne considérer que le Tsin-ling-Chan proprement dit. Bien qu'il représente une chaîne simple, dissymétrique, tournée vers le Sud et ayant surgi avant l'époque carbonifère supérieure, — toute une série de chaînes lui correspondent néanmoins à l'W.N.W.: le Tchan-fan-Chan, le Siao-Chan et le Min-Chan, plus loin le Djoupar, le San-si-beï, l'Ougoutou, l'Amnié-matchin, puis les Monts Caroline de Rockhill, le Bourkhan-Boudda, toutes les chaînes qui longent la bordure méridionale du Tsaïdam, les Monts Marco Polo, peut-être aussi les Monts Christophe Colomb et les chaînes au Sud-Ouest du Tsaïdam, plus au Sud le Koko-Chili et enfin l'Arka-Tagh (Monts Prjévalsky). C'est bien là réellement la rangée puissante et presque rectiligne de montagnes, courant à l'W.N.W. à travers toute l'Asie Centrale, que Richthofen, comme un véritable pionnier, reconnaissait il y a longtemps déjà et qui doit porter l'antique dénomination de Kouen-lun.

Un examen attentif montre que les plis terrestres atteignent leur développement suprême au centre de cette rangée et un peu plus à l'Ouest. *Là, les fonds des vallées les plus basses sont à une altitude bien supérieure à celle des sommets du Tsin-ling-Chan*, et ces montagnes, malgré leur continuité et leur hauteur, ne sont cependant que le prélude du déluge de chaînes qui se succèdent l'une en arrière de l'autre sur les méridiens du Tsaïdam et du Koukou-Nor. « Le massif du Tibet, dit Bogdanovitch, se confond dans le Kouen-lun central avec la région montagneuse du Nan-Chan, et plus loin avec le Beï-Chan. Là, nous passons par des chaînes de montagnes pres-

1. F. von Richthofen, *China*, II, p. 638.

que ininterrompues du système du Kouen-lun au système du Tien-Chan[1]. »

Comme on le voit, en effet, *toutes ces grandes chaînes suivent la même direction W.N.W. ou N.W. que les chaînes du Nan-Chan.* Mais ces dernières, telles que les Monts Richthofen, le Tolaï-Chan, la chaîne Alexandre III, etc., tantôt représentent des bandes de sédiments plissés, tantôt montrent du gneiss affleurant sur l'un de leurs versants, tantôt enfin, comme la chaîne méridionale du Koukou-Nor, sont formées en majeure partie de gneiss. Si chacune de ces chaînes peut être envisagée comme une unité morphologique, aucune ne possède de véritable indépendance tectonique : ce sont toutes ensemble les ondes transversales du mouvement de plissement qui s'est propagé, en faisant gonfler le sol, entre le plateau de l'Ordos à l'Est et l'arc de l'Anembar-Oula (arc de Yarkend) à l'Ouest. Une partie des plis, arrêtée par l'Ordos, s'est retournée vers l'Ala-Chan ; *mais aussitôt que ce détroit est franchi, les ondes transversales se prolongent de part et d'autre.* C'est ainsi que le Kouen-lun dérive du Nan-Chan. De cette façon naît au bord sud du môle sinien le Tsin-ling-Chan, qui est plissé dans la direction du Sud, et au bord sud de l'arc de Yarkend le puissant Arka-Tagh.

6. L'avancée des branches occidentales; faisceau de la Birmanie. — Je dépasserais de beaucoup les limites que je me suis imposées, dans le présent ouvrage, si je voulais passer en revue tout les efforts, inspirés par le seul amour de la science, qui ont été faits pendant ces dernières dizaines d'années pour fixer le tracé des chaînes du Tibet. Potanin, H. Bower, Littledale, Bonvalot, Henri d'Orléans, Dutreuil de Rhins, Rockhill et beaucoup d'autres vaillants explorateurs ont, à tour de rôle, porté la lumière sur diverses parties des coulisses gigantesques qui exécutent un mouvement tournant pour devenir parallèles au méridien. De toutes ces données, qui ne s'appliquent presque toujours qu'à la configuration de la surface, il convient ici de mettre en relief une directrice fort importante : la bande de calcaire, constamment orientée à l'E.S.E., que Rockhill suivit pendant de nombreux jours de marche. Cette bande, dont la longueur peut bien dépasser 500 kilomètres d'après la carte de Rockhill, atteint la route de Tsiamdo dans la vallée du Nashe-tchou (93° de long. E., 32° de lat. N.), et vient du versant méridional du Dang-La; en se prolongeant à l'E.S.E., elle

1. K. Bogdanowitch, *Einige Bemerkungen über das System des Kwenlun* (Mittheil. k. k. Geogr. Ges. Wien, XXXVIII, 1895, p. 525).

forme probablement une partie du puissant massif montagneux du Ramnon-gang-ri et continue encore au delà dans la même direction[1]. Alors commence à apparaître dans les chaînes, au lieu de cette direction E.S.E., la direction S.E., qui est aussi mise en évidence par l'allure des cours d'eau. Encore à Draya, Rockhill trouva des terrains calcaires. A un degré et demi de latitude plus au Sud, près de Yarkala sur le Mékong (29° de lat. N. environ), l'on arrive au point où Desgodins recueillit des fossiles du Carbonifère supérieur ou du Permien. Là règne la direction S.S.E., et Lóczy est parvenu à montrer que le Carbonifère supérieur fossilifère (horizon de Loping) de la crête de Dengou-la (29° 10′ de lat. N.), se reliant très probablement au Carbonifère supérieur de Yarkala, suit le Yang-tsé-kiang dans la même direction sur plus de trois degrés de latitude. A Tchoung-tien (28°), des lambeaux de Trias le recouvrent; encore à I-yang-tang (26° 25′), on y trouve *Schwagerina craticulifera*, et Lóczy a suivi cette bande si remarquable de Carbonifère supérieur jusqu'au Sud du 26° de lat. N., au Nord de Ta-li-fou.

Le Carbonifère supérieur, exactement comme dans les oasis du Kan-sou et en tant d'autres régions montagneuses de l'Eurasie, repose en discordance sur une série paléozoïque antérieurement plissée; ce terrain a lui-même subi plus tard des plissements[2].

Nous pénétrons maintenant en plein domaine de l'arc birman, et nous traversons les zones successives de cette région bordière en nous dirigeant au S.W. La bande paléozoïque et principalement carbonifère supérieure, que nous venons de suivre de Batang jusqu'au voisinage de Ta-li-fou, est limitée vers l'Ouest par la chaîne du Tsang-Chan, formée de schistes cristallins. Au delà de cette chaîne vient une large zone de grès rappelant le Flysch, à laquelle succède, entre le Mékong et la Salouen, une nouvelle zone paléozoïque plissée (fig. 36). Grâce à Lóczy, on connaît l'exis-

1. W. W. Rockhill, *Diary of a Journey through Mongolia and Tibet*, p. 260, 267, 277, 280, et aussi 294 pour la direction générale E.S.E. En 1895, Littledale s'est avancé de Tchertchen vers le Sud, perpendiculairement à la direction des chaînes, jusqu'au Garing-tso (89° de long. E., 30° à 31°30′ de lat. N.) et au Tengri-Nor, et a signalé quelques pointements volcaniques sur lesquels je ne possède pas d'autres renseignements; du Garing-tso jusqu'au voisinage de Leh, c'est-à-dire sur 11 degrés de longitude, sa carte montre une série de chaînes et de vallées qui s'alignent suivant la direction de l'Himalaya; St. George R. Littledale, *A Journey across Tibet, from North to South, and West to Ladak* (Geogr. Journal, VII, 1896, p. 453-483, carte en 3 feuilles [reprod. dans *L'année cartographique* de Fr. Schrader, 6e suppl., 1896]).

2. L. von Lóczy, Ouvr. cité, I, p. 692 et suiv.; en particulier p. 731, 736, 746; coupes, fig. 142, 144, etc.

tence dans cette dernière de fossiles du Carbonifère supérieur, notamment à l'Est de Young-tchang-fou; et entre cette localité et la Salouen, à Pou-piao, ce géologue a trouvé du Silurien, avec traces de Trilobites et grandes plaques d'un Cystidé (*Helicosmites?* sp.). La direction est devenue cette fois non plus S.S.E., mais N.-S.[1].

Le Siang-Chan, qui vient ensuite, forme la ligne de partage des eaux entre la Salouen et l'Iraouaddi; cette chaîne court du N. au S., elle est constituée par des gneiss et des phyllades et marque le début d'une zone très étendue de roches anciennes, surtout granitiques, qui se suivent de là jusque vers Bhamo. A l'Ouest de cette zone, on retrouve de part et d'autre du 97e degré les traces d'une autre zone paléozoïque, considérée comme Carbonifère par Noet-

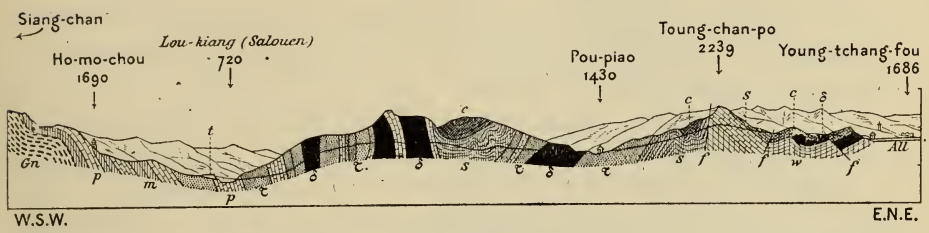


Fig. 36. — Coupe de Young-tchang-fou à la vallée de la Salouen (Yun-nan), d'après Lóczy (*Die wissenschaftl. Ergebnisse der Reise des Grafen* Béla Széchenyi *in Ostasien*, I, p. 762, Profiltafel IV).

Gn, Gneiss; *m*, Terrains métamorphiques; *w*, Couches du Wutai-Chan; *p*, Calcaires paléozoïques inférieurs; *s*, Silurien; *c*, Carbonifère; *δ*, Diabases; *τ*, Tufs diabasiques; *t*, Dépôts lacustres tertiaires; *All*, Alluvions. — Échelle des longueurs 1 : 400 000; hauteurs 1 : 200 000.

ling; puis, d'après les observations de Griesbach et de Noetling, encore une zone de gneiss et de roches analogues, qui règne jusqu'à Mogoung et jusqu'à Htygaing (Togoung) au Sud[2].

Mais un coup d'œil sur la fig. 37 montre que toutes ces zones ou coulisses ne sont pas rigoureusement parallèles. De Tchoung-tien à Ta-li-fou, en particulier, elles ont une tendance marquée à s'infléchir à l'E.S.E., tandis que les chaînes occidentales se dirigent N.-S. Un peu plus au Sud, entre la Salouen et l'Iraouaddi, l'écartement des lignes directrices se traduit d'une façon bien plus prononcée encore.

1. L. von Lóczy, Ouvr. cité, I, p. 767, et III, p. 21.

2. Fr. Noetling, *Report on the Coalfields in the Northern Shan States* (Records Geol. Survey of India, XXIV, 1891, p. 99-119); C. L. Griesbach, *Geological Sketch of the Country North of Bhamo* (Ibid., XXV, 1892, p. 127-130). Parmi les publications de F. Noetling, il faut citer surtout la carte géologique du Nord-Est de la Haute-Birmanie qui a paru avec son mémoire : *Ueber das Vorkommen von Jadeit in Ober-Burma* (Neues Jahrb. f. Min., 1896, I, Taf. I). Cette esquisse, malgré certaines divergences dans la topographie, se raccorde avec les cartes de Lóczy.

Grâce au Service géologique de l'Inde, notamment aux travaux de La Touche et Datta sur la partie septentrionale des États Shans[1] et à ceux de Middlemiss sur la partie méridionale de la même région jusqu'au Karenni[2], il est possible de donner ici une idée générale de cette contrée.

La Touche et Datta ont parcouru la région comprise entre 23° et 22° de lat. N. et 96° et 98° de long. E. La direction générale y oscille entre N.N.E. et E.N.E. Le chemin de fer et la route qui, de Mandalay, ont été construits vers le N.E., par Thibaw jusqu'au bac de Kunlon sur la Salouen, longent sur de grandes distances la direction des roches. Les terrains les plus anciens sont à l'Ouest ; au voisinage de Mandalay se montrent les couches inférieures de la série, peut-être cambriennes, puis le Silurien inférieur, le Silurien supérieur, un grès rouge pincé dans les plis, et enfin la plaine récente de la Salouen, occupée en partie par des sédiments peu dérangés, appartenant probablement au groupe de Siwalik.

Le Silurien, affecté de plis, présente une grande variété de faciès. Les plaques de Cystidés dont nous avons parlé, et que Lóczy a recueillies à Pou-piao, se trouvent dans un calcaire à Crinoïdes d'un brun jaunâtre et sont remarquables par leurs grandes dimensions. Quand Noetling pénétra pour la première fois dans la région calcaire située à l'Est de Mandalay, son attention fut également attirée par un Cystidé géant qui gisait dans un calcaire rouge à Crinoïdes et auquel il donna le nom d'*Echinosphærites Kingi*. Ces dépôts ont été

1. T. D. La Touche, *Preliminary Report on the Geology of the Northern Shan States* (General Report Geol. Survey of India for 1899-1900, p. 74-95); P. N. Datta, *Notes on the Geology of the Country along the Mandalay-Kunlon-Ferry Railway Route, Upper Burma* (Ibid., p. 96-122, 1 pl. de coupes). [La suite des explorations entreprises par ces deux géologues et par F. Noetling a conduit à des résultats stratigraphiques assez différents. La série sédimentaire de la Birmanie Orientale, encore mal fixée, paraît comprendre de nombreux horizons; on y a découvert, en particulier, des fossiles dévoniens et triasiques (General Report Geol. Survey of India for 1900-1901, p. 16-20).]

2. C. S. Middlemiss, *Report on a Geological Reconnaissance in parts of the Southern Shan States and Karenni* (General Report Geol. Survey of India for 1899-1900, p. 122-153); C. L. Griesbach, même vol., p. 32-37.

LÉGENDE DE LA FIGURE 37

Montagnes comprises entre le Brahmaputra et le Yang-tsé-kiang, d'après Medlicott, Mallet, R. D. Oldham, Noetling et Lóczy.

A, Gneiss, schistes cristallins, granite; *pal*, Silurien; *ca*, carbonifère; *tr*, Trias; *cr*, Crétacé; te_1, Éocène; *Subhim.*, Tertiaire supérieur; *Alluv.*, Alluvions; *Serp.*, Serpentine; *a*, *a*, Faille. — Le noir plein figure les roches volcaniques. — Échelle de 1 : 4000000 environ.

Fig. 37. — Montagnes comprises entre le Brahmapoutra et le Yang-tsé-kiang.

assimilés au calcaire à *Echinosphærites* du Silurien inférieur des Provinces Baltiques[1]. La Touche a découvert en outre, dans les couches supérieures, des schistes à Graptolithes.

D'après la direction générale des couches entre Mandalay et Kunlon, je crois devoir admettre que la zone paléozoïque qui est coupée par la Salouen à l'Ouest de Young-tchang-fou, s'orientant à partir de là vers le S.W., atteint réellement l'Iraouaddi près de Mandalay, et s'écarte par conséquent de la direction que suivent les montagnes de Ta-li-fou. *Les lignes directrices divergeraient donc à partir de la région des grès analogues au Flysch que Lóczy a croisés entre 26° et 25° de lat. N., entre Ta-li-fou et Young-tchang-fou*, et au milieu desquels coule le Mékong.

Pour le territoire situé au Sud de Mandalay, voici ce que nous apprend Middlemiss : la direction générale S.W. n'est plus visible; l'orientation dominante est redevenue N.-S. A l'Est de l'Iraouaddi, le gneiss reparaît en formant une bande d'une longueur considérable, mais d'une faible largeur. Il s'élève brusquement au-dessus de la plaine alluviale, sans collines intermédiaires, coupé à l'Ouest par une longue faille N.-S. Au gneiss succède à l'Ouest une zone de schistes cristallins, puis un plateau calcaire très étendu, sans eau à la surface, mais drainé par des rivières souterraines, et atteignant par endroits 4000 pieds [1200 m.], au Loi-Sampu même environ 5000 pieds [1500 m.]. C'est le *Shan-Plateau* proprement dit. Le calcaire est plissé et les plis sont arasés. On n'y a pas encore retrouvé les fossiles siluriens du Nord des États Shans. Tous les fossiles découverts jusqu'à présent appartiennent au « Middle Productus Limestone » (Permien). Griesbach suppose que c'est un prolongement des calcaires de Moulmein, dont l'âge est le même. Plus à l'Est, on revoit au fond des synclinaux le grès rouge du Nord; Middlemiss le regarde comme tertiaire.

La chaîne de gneiss qui borde les alluvions de l'Iraouaddi dans le Karenni est évidemment la même que celle qui atteint le voisinage de la mer à l'embouchure du Sittang. Je crois devoir admettre que la zone paléozoïque de Young-tchan-fou est la même que celle qui passe à l'Est de Mandalay, se prolonge dans le grand plateau occupant la partie méridionale des États Shans et atteint la mer près de l'embouchure de la Salouen. A cette bande doivent encore appartenir les gisements carbonifères que Noetling a décrits à The-

1. Fr. Noetling, *Field Notes from the Shan Hills, Upper Burma* (Records Geol. Survey of India, XXIII, 1890, p. 78-79). Un exemplaire atteignait 160 mm.

rabwin, près de Tenasserim, et peut-être même aussi ceux de l'Est de Sumatra[1].

Il y a quelques années, on ne connaissait encore que de faibles traces de ces gisements (I, p. 599). Aujourd'hui, on peut constater que les chaînes de gneiss indiquées sur la fig. 37 entre 96° et 99° n'arrivent au voisinage de la mer que sur les bords du Sittang; les coulisses obliques de terrains anciens qui, l'une après l'autre, forment la presqu'île malaise appartiennent à un faisceau plus interne de tout cet ensemble, faisceau qui n'est pas représenté au Nord, là où se produit, entre Ta-li-fou et Young-tchang-fou, la séparation.

Quand Lóczy eut franchi le haut Shweli, il se vit avec étonnement, près de Teng-youé-tchéou, en pleins terrains anciens, entouré d'andésite récente. Noetling signale dans la vallée de l'Iraouaddi, au Nord de Bhamo, deux traînées de basalte récent, jusque vers 25° 30′, et plus au Nord-Ouest du basalte se montre également au voisinage des mines de néphrite de Sanka. Peut-être les basaltes de Bhamo sont-ils les avant-coureurs de la longue série de volcans (I, p. 583) dont Lóczy a décrit le plus septentrional, le Ho-shuen-Chan (23° 20′ de lat. N.)[2].

Essayons maintenant de résumer les faits, en nous appuyant sur la fig. 37.

Au Nord-Ouest de cette esquisse apparaît la partie orientale des *cimes gneissiques culminantes de l'Himalaya* (6 939 m.); vers le Sud les sommets s'abaissent (3 679 m.), et au point où la rivière Dikrang sort des montagnes, on voit affleurer au dessous du gneiss, d'après Godwin-Austen (I. p. 591), des couches appartenant à la série de Gondwana, sous lesquelles plongent à leur tour les bancs tertiaires du « Subhimalayan Group » qui se terminent du côté des alluvions du Brahmapoutra par un escarpement d'environ 900 mètres. Au voisinage de Sibsagar, ces alluvions ne sont qu'à 95 mètres au-dessus de la mer.

Au Sud de ce tronçon, au-delà du Brahmapoutra, se montre le bord oriental du *Plateau de Shillong* (I, p. 523), d'où est parti, le 12 juin 1897, le tremblement de terre le plus violent du XIXe siècle[3]. D'après Medlicott et H. Smith, le bord sud et sud-est de ce

1. Fr. Noetling, *Carboniferous Fossils from Tenasserim* (Records Geol. Survey of India, XXVI, 1893, p. 96-100, 1 pl.).

2. F. Noetling, *Ueber das Vorkommen von Jadeit in Ober-Birma* (Neues Jahrb. f. Min., 1896, I, p. 13); M. Bauer, *Der Jadeit... von Tammaw in Ober-Birma* (Ibid., p. 18); L. von Lóczy, *Reise des Grafen* Béla Széchenyi *in Ost-Asien*, I, p. 771.

[3. Voir R. D. Oldham, *Report on the Great Earthquake of 12th June 1897* (Mem.

plateau répond à une grande flexure[1]; là, il est formé de gneiss surmonté par des lambeaux horizontaux de Craie moyenne. Des pointements isolés de ce massif gneissique, qui s'abaisse en pente douce vers le Nord, se montrent au Nord du Brahmapoutra un peu à l'Ouest de la limite de notre carte, et jusqu'en dedans des avant-monts tertiaires de l'Himalaya.

Nous atteignons alors le bord externe, renversé au N.W., des *Monts Naga*, prolongement septentrional de la chaîne plissée d'Arrakan; le Brahmapoutra les sépare de l'Himalaya et le Dhansiri du Plateau de Shillong; Mallet en a décrit la partie nord-est (I, p. 593). Ce qu'il appelle « Axial Group » est probablement un Flysch crétacé, peut-être aussi y a-t-il là des sédiments tertiaires anciens, fortement modifiés par les pressions orogéniques[2]. Le symbole te_1 désigne une série éocène renfermant du charbon; *a*, *a*, *a* est une faille longitudinale qui suit le bord externe.

La partie de ces montagnes située au Sud, dans la direction de *Manipur*, a été examinée par R. D. Oldham (I, p. 594). L' « Axial, Group », au Nord, y affecte la direction N.-S., et, pour autant qu'on le connaît, ses couches sont verticales; au Sud, où cette zone est plus large, on constate en venant de l'Ouest que les couches plongent toujours à l'E. ou à l'E. S.E., à travers la plaine de Manipur et de Tusom, comme s'il s'était produit une série d'écailles imbriquées les unes sur les autres. A partir de Tusom, jusqu'au delà de la bande de serpentine, l'inclinaison est en sens contraire, à l'W. ou à l'W.N.W., de sorte que l'ensemble paraît former un éventail dissymétrique. La constitution de la haute chaîne qui part de l'aile orientale de l'éventail, dans la direction du N.N.E. (Saramethi, 3 815 m.), est inconnue.

Les couches tertiaires récentes (*subhim.*) reposent en discordance sur l' « Axial Group », mais, vers le centre et l'Est des montagnes, elles sont portées jusqu'à de fortes altitudes. Près de Samaguting et de Yemi, on a signalé des Bivalves dans le grès; ailleurs se

Geol. Survey of India, XXIX, 1899, xxx-379-xviii p., 44 pl., 3 cartes), et *List of Aftershocks of the Great Earthquake of 12th June 1897* (Ibid., XXX, pt. 1, 1900, p. 1-102); voir aussi C. Diener, *Ueber einige Wirkungen des grossen ostindischen Erdbebens am 12. Juni 1897* (Mittheil. K. K. Geogr. Ges. Wien, XLIV, 1901, p. 312-318).]

1. F. H. Smith, *The Geology of the Mikir Hills in Assam* (Mem. Geol. Survey of India, XXVIII, pt. 1, 1898, p. 71-95, pl. IV : carte; en particulier p. 73). [Voir aussi P. N. Bose, General Report Geol. Survey of India for 1900-1901, p. 20-24.]

2. L'ancienne indication, d'après laquelle des fossiles du Trias existeraient dans cette chaîne (I, p. 595), repose sur une erreur; R. D. Oldham, *A Manual of the Geology of India*, 2d Ed., 1893, p. 144 [voir cependant C. L. Griesbach, General Report Geol. Survey of India for 1900-1901, p. 19-20].

montrent des empreintes de plantes, et aussi de l'ambre. A l'Est, vers le Chindwin, où elles forment le Kachaophung (2 451 m.), ces couches, inclinées d'environ 20° à l'E., se terminent aux grands escarpements d'Angochim et de Kasom.

Nous arrivons au champ de recherches de Noetling, dans la *Haute Birmanie* (fig. 38).

Le « groupe de l'Iraouaddi » est une formation deltaïque tertiaire, dans laquelle ont été entraînés les restes de la faune des Siwalik[1]. La série de couches immédiatement antérieure porte le nom de « groupe de Pegu » ; c'est une formation marine, d'âge miocène ou peut-être aquitanien, comme l'indiquerait la présence du genre *Anthracotherium*. Elle repose sur des couches éocènes à Nummulites et à *Velates Schmideliana*. Au milieu du territoire tertiaire, près de Wuntho, se dresse la chaîne des Mainthong Hills, formée de diorite quartzifère[2], et près de Htygaing, sur l'Iraouaddi, au Nord du volcan Ho-shue-Chan, on atteint le bord de la grande bande occidentale des terrains anciens de l'arc birman.

C'est de cette même bande, près de Bhamo, que sort l'Iraouaddi, entouré d'un cortège de roches éruptives récentes.

A partir de là, Lóczy devient notre guide, et nous arrivons aux longues coulisses de gneiss, séparées par des bandes paléozoïques fortement plissées, que caractérise la transgression du Carbonifère supérieur[3]. Nous traversons le Mékong et le faisceau divergent des chaînes de Ta-li-fou. Nous atteignons le Yang-tsé-kiang, puis le lac de Ta-li-fou, avec ses Paludines de type levantin, et les dépôts triasiques de Tchoung-tien. Des coulisses ayant la même structure se succèdent de Batang jusque vers Ya-tchéou-fou et s'infléchissent l'une après l'autre vers l'W. N.W., dans la direction du Dang-La, du Dombouré et des grandes chaînes tibétaines.

1. Fr. Noetling, *The Development and Subdivision of the Tertiary System in Burma* (Records Geol. Survey of India, XXVIII, 1895, p. 59-86, pl. 2 : carte). [Voir surtout le mémoire du même auteur : *The Miocene of Burma* (Verhandel. der K. Akad. v. Wetensch. Amsterdam, 2de Sect., Deel VII, n° 2, 1900, 131 p., 1 carte; avec bibliographie).]

2. Fr. Noetling, *Note on the Geology of Wuntho in Upper Burma* (Records Geol. Survey of India, XXVII, 1894, p. 115-124, pl. 1 : carte).

3. Sur la fig. 37, on a dû, à cause de la petitesse de l'échelle, réunir sous la même désignation *pal*, les calcaires et phyllades probablement siluriens, de même que sous le symbole *ca* ont été groupés le Carbonifère supérieur marin et les grès qui l'accompagnent; les granites, gneiss et schistes cristallins anciens figurent également sous un seul grisé. — Pour des divergences d'interprétation sur la position stratigraphique de certains gisements (Permien ou Carbonifère supérieur), voir F. Frech, *Lethaea geognostica*, I. Theil, *Lethaea palaeozoica*, 2. Band, 1899, p. 384 et suiv.; l'influence que ces vues divergentes peuvent avoir sur la question de la nature des discordances sera discutée au chapitre VIII, à propos de la région périadriatique.

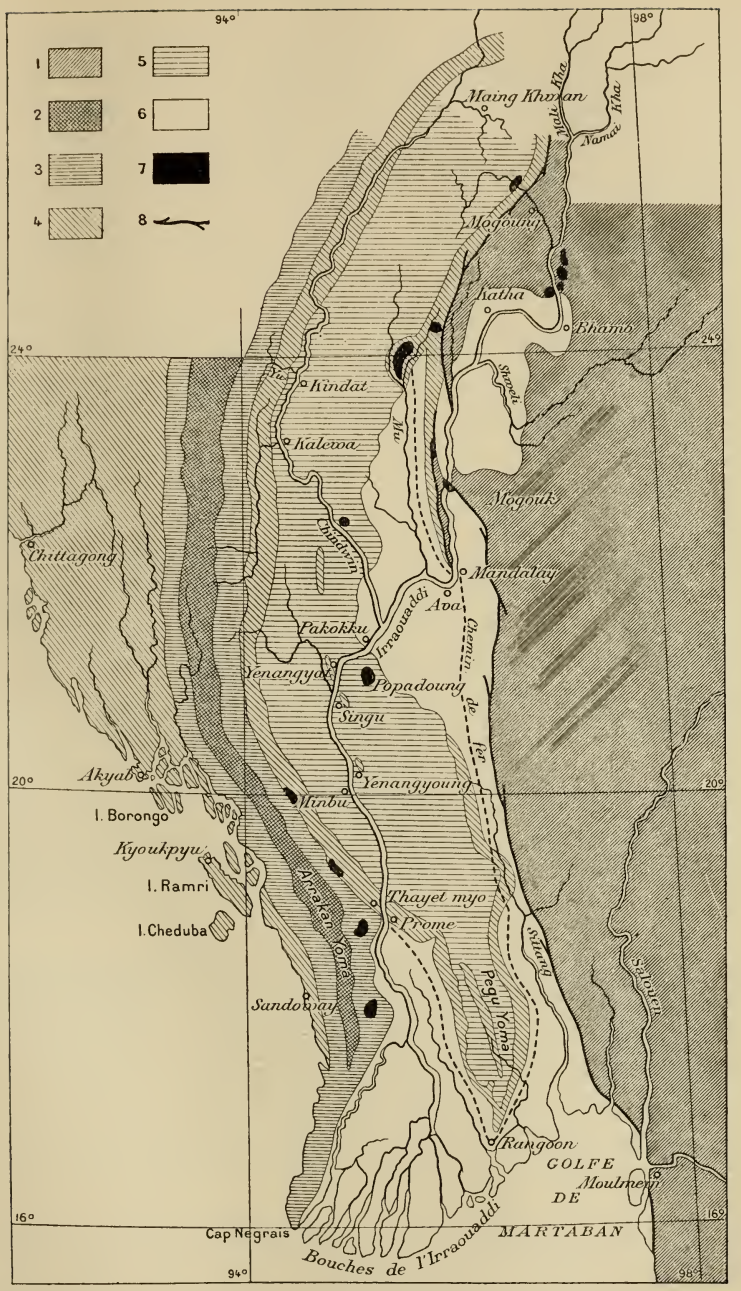


FIG. 38. — Extension des terrains tertiaires en Birmanie, d'après F. Noetling (Verhandel. der K. Akad. Amsterdam (2de Sect.), Deel VII, n° 2, 1900).

1. Terrains pré-tertiaires; 2. Chin (Eocène ?); 3. Bassein (Éocène); 4. Pegu (Miocène); 5. Série de l'Iraouaddi (Pliocène); 6. Alluvions; 7. Roches éruptives; 8. Failles. — Échelle de 1 : 7 500 000.

Le raccordement des observations est d'autant plus difficile à faire, dans ces régions, que les tracés géographiques leur servant de base présentent de nombreuses divergences. Néanmoins, si l'on essaye d'introduire dans cette esquisse les résultats du périlleux voyage accompli par le Prince Henri d'Orléans, du Yun-nan à l'Assam, on obtient ce qui suit[1] :

Le Pic Francis Garnier est situé par 28°15′ environ, à l'Ouest du Mékong, dans la chaîne qui sépare ce fleuve de la Salouen. De là, l'explorateur français put constater, vers l'Ouest, que l'affluent le plus oriental et en même temps le plus long du haut Iraouaddi, le Tourong, atteint à peine 28° 30′ de lat. N., et que tout le bassin de l'Iraouaddi est limité vers le Nord par la haute chaîne neigeuse de *Dzayul* qui, des sources du Tourong, court à l'W.S.W. en séparant les versants de l'Iraouaddi, au Sud, et du Dzayul-Tchou (Lohit-Brahmapoutra), au Nord. On a voulu voir dans cette chaîne du Dzayul un prolongement des chaînes de l'Himalaya, et sa direction semblerait justifier cette hypothèse. Mais la structure de la vallée du Brahmapoutra aux environs de Dibrugarh rend la chose improbable, et je préfère voir dans la chaîne du Dzayul un prolongement au delà du cours supérieur du Dihang de la chaîne à laquelle appartient le Saramethi, déjà mentionné, et qui peut bien encore être attribuée à l'arc des Monts Patkoï.

D'après cela, l'Iraouaddi serait compris en entier à l'intérieur des coulisses de l'arc birman; et la déviation déterminée par l'Himalaya oriental se ferait déjà sentir, ainsi que la direction E.N.E., par 98° 30′ de long. E.

7. La séparation des chaînes; faisceau du Yun-nan; le Mékong; Cambodge. — Nous avons signalé la divergence des chaînes de montagnes qui s'observe à l'Ouest de Ta-li-fou. Une large zone de grès, dont Lóczy note la ressemblance avec le Flysch, s'y introduit. Sur son bord occidental coule le Mékong, qui tourne ensuite au S.E. Près de Meng-houa-ting, au Sud de Ta-li-fou, sur les premières branches du Fleuve Rouge, Colquhoun a trouvé une vaste

1. L'essai de coordination le plus détaillé que je connaisse se trouve sur la petite carte du Geographical Journal, VII, 1896, p. 303; voir aussi Prince H. d'Orléans, *A Journey from Tonkin by Tali-fu to Assam* (Ibid., VIII, 1896, p. 566-585, carte) [et *Itinéraire de Tali-fou* (*Yunnan*) *à Sadiya* (*Assam*), C. R. Séances Soc. Géogr. Paris, 1896, p. 72; *Carte des sources de l'Irrawaddy*, dressée par M. Roux (Annales de Géogr., V, 1895-1896, pl. XI); *Yun-nan Occ^al, H^te Barmanie et États Chans.* Voyage du Prince H. d'Orléans (L'année cartographique, de Fr. Schrader, 6e suppl., 1896); Prince Henri d'Orléans, *Du Tonkin aux Indes. Janvier 1895-janvier 1896.* In-4°, Paris, 1898, pl. IV et V : cartes, dressées par E. Roux).]

plaine, et c'est la même plaine qu'Henri d'Orléans a retrouvée sur le Mékong, au Sud du 25° de lat., et qui doit s'étendre jusqu'au 24e degré[1]. Plus au S.S.E. vient la plaine de Semao; Carey suppose qu'elle se prolonge dans la même direction jusqu'aux plaines du Laos français; et ces régions doivent appartenir au faisceau des chaînes orientales, car, à l'Ouest de Semao, Carey a trouvé le Mékong (672 m.) encaissé entre des montagnes dont la hauteur atteint 1500 mètres[2].

Pour comprendre la suite du cours du Mékong, il importe de considérer celui du Nam-hou, venant du Laos français, et dont le confluent se trouve près de Luang-Prabang. En fait, on peut décomposer le Mékong en plusieurs tronçons. Le haut Mékong jusqu'à Xieng-sen, sur la frontière du Siam, affecte absolument la même direction que les autres grands fleuves qui descendent des chaînes birmanes vers le Sud. Le Nam-hou et la partie du Mékong qui s'étend jusqu'à Muong-kan-tao forment un second tronçon analogue. Ces deux sections sont reliées par le tronçon transversal compris entre Xieng-sen et Luang-Prabang. Un second tronçon transversal règne jusqu'aux environs de Pat-soum. Alors commence le cours inférieur, d'abord parallèle à la Cordillère de l'Annam, qui suit la côte, puis subdivisé en plusieurs bras dont la direction est quelconque, dans les grandes plaines du Cambodge et de la Cochinchine.

Près de Lakhon (17° 20′), d'après Joubert, des bandes d'un calcaire fortement redressé s'orientent N. 47° W. c'est-à-dire à peu près parallèlement au fleuve lui-même et à la Cordillère située à l'Est, dont elles représentent peut-être les premiers contreforts. Plus en amont, au-dessus de Pat-soum, un changement complet se produit. A Vien-tian, Joubert trouva le fleuve encaissé dans des bancs très redressés ou verticaux de grès et d'arkose, et dans des schistes fortement plissés avec traces d'anthracite. Puis ces schistes plissés, associés à des porphyre quartzifères, suivent le Mékong; il y a notamment des talcschistes, dirigés N.E. Les sommets plus élevés sont en calcaire. Les berges conservent cette constitution jusqu'à Luang-Prabang[3].

Counillon a décrit les terrains qui forment le coude de Luang-

1. H. d'Orléans, Geogr. Journ., VIII, 1896, p. 571 [et *Du Tonkin aux Indes*, in-4°, 1898, pl. II : carte, dressée par E. Roux].

2. F. W. Carey, *A Trip to the Chinese Shan States* (Geogr. Journ., XIV, 1899, p. 378-394).

3. Eug. Joubert, *in* Francis Garnier, *Voyage d'Exploration en Indo-Chine*, in-4°, Paris, 1873, II, p. 95 et suiv.

Prabang (fig. 39). Là encore règne la direction N.E., correspondant à l'un des bras du coude. Au Nord de la ville on voit d'abord des calcaires gris, presque horizontaux, avec *Spiriferina*, *Rhynchonella*, *Lima* et *Avicula*. Après une bande d'alluvions vient une argile rouge, inclinée d'abord au S.E., puis au N.W., avec empreintes végétales et débris de grands Reptiles; ce niveau est assimilé à la partie supérieure du groupe de Raniganj, dans l'Inde.

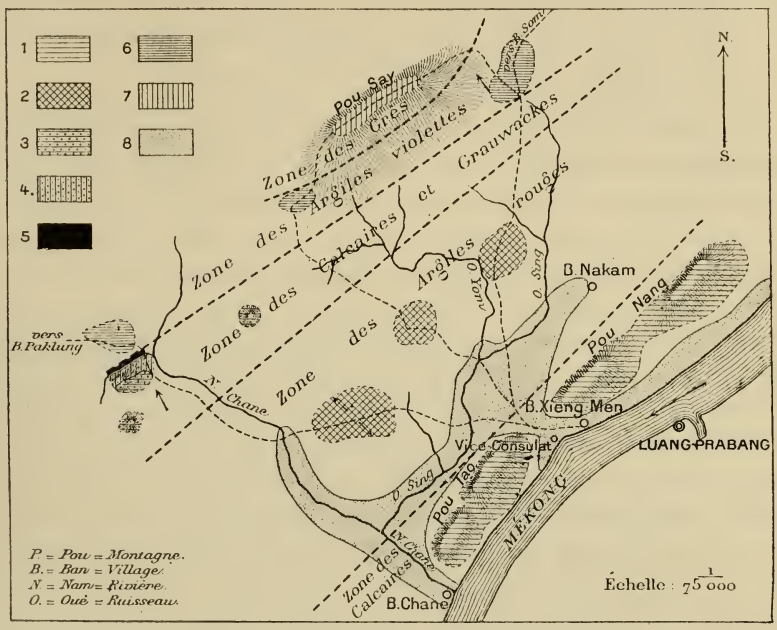


Fig. 39. — La vallée du Mékong aux environs de Luang-Prabang, d'après Counillon (C. R. Acad. Sc. Paris, CXXIII, 1896, p. 1331).

Carbonifère? : 1. Calcaires inférieurs à *Spiriferina*. — Permien : 2. Argiles rouges; 3. Calcaires supérieurs; 4. Grauwackes à *Productus*; 5. Charbon. — Trias : 6. Argiles violettes à Dicynodontes; 7. Grès grisâtres. — 8. Alluvions.

Puis viennent des calcaires et des grauwackes, plongeant N.W., avec empreintes de plantes et petits *Productus*; enfin, des argiles violettes, avec conglomérats à la base, dont les cailloux calcaires renferment des *Schwagerina*, et fragments de *Dicynodon* dans les bancs supérieurs. Après une interruption, on revoit des grès durs, de teinte grise [1].

Les documents sont moins détaillés pour la partie du cours du

1. Counillon, *Documents pour servir à l'étude géologique des environs de Luang-Prabang, Cochinchine* (C. R. Acad. Sc., CXXIII, 1896, p. 1330-1333, carte dans le texte). Les fumeroles mobiles que Joubert a décrites dans la région située à l'W.S.W. de Luang-Prabang (*Voyage d'Exploration*, etc., II, p. 102) sont regardées par Lóczy comme des incendies de houillères.

Mékong située plus en amont; néanmoins, le voyage de Joubert a montré que les grès et les schistes, avec calcaires dans les parties plus saillantes, continuent à régner jusque vers Lim (20° 45′), où la navigation finit par devenir trop dangereuse à cause des récifs. Un pays de montagnes plus élevées s'étend sans interruption vers l'Ouest.

Nous avons vu que les chaînes birmanes, dont l'allure est si régulière par ailleurs, subissent dans la Haute-Birmanie, de Kunlon sur la Salouen et Thibaw jusque vers Mandalay, une déviation au S.W., puis qu'elles reprennent leur cours vers le S.

C'est un fait très remarquable que la même inflexion se traduit dans le cours du Mékong, de Xieng-hong à Xieng-sen, et la direction générale N.E.-S.W., observée vers l'aval jusqu'à Vien-tian, est en harmonie avec cette circonstance. Elle nous indique que les tronçons transversaux précités sont de vraies vallées transversales, et que le haut Mékong jusqu'à Xieng-sen, de même que le Nam-hou et le tronçon parallèle du Mékong jusqu'à Muong-kan-tao, comme les fleuves de Birmanie, correspondent sinon exactement, du moins à très peu de chose près à la structure des montagnes. *La direction des plis est la même sur le Mékong, entre Xieng-sen et Vien-tian, qu'entre la Salouen et l'Iraouaddi; mais, après avoir été déviés au S.W., ces plis, au lieu de reprendre la direction du S., s'abaissent peu à peu et disparaissent sous la plaine du Siam.* Une bonne partie des chaînes qui s'élèvent en amont de Xieng-sen peut se prolonger à travers les forêts de teck jusqu'aux montagnes situées à l'Est de Moulmein. Ce rapprochement est manifeste, par exemple sur la carte du Siam de Black [1].

La géologie du pays montueux qui s'étend au Nord-Est de Bangkok, entre 14° et 15° de lat. N., m'est malheureusement inconnue. Je ne connais pas non plus l'âge et les relations des gîtes de saphir et de rubis de la Province de Battambang et des collines de Chantabun. Or une importante question s'y rattache. D'après ce qu'on vient de lire, il n'est pas douteux que le bassin du Ménam ne soit tout entier compris dans le domaine des chaînes birmanes, dont l'allure se trouve désormais masquée. Mais l'étendue considérable de certains affleurements de granulite et de granite que nous avons signalés dans la plaine du bas Mékong (II, p. 276) indique un régime très différent de celui qui caractérise ce faisceau de plis. *Ce sont les traces d'un massif antérieur, auquel on peut donner le nom*

1. J. S. Black, *Journey round Siam* (Geogr. Journ., VIII, 1896, p. 429-452, carte).

de Massif du Cambodge. Les plaines de l'Indo-Chine sont donc de nature composite. L'exploration des montagnes dont nous avons parlé, au N.E. et au S.E. de Bangkok, porterait la lumière sur les limites respectives des dépressions de l'un et l'autre genre.

Les renseignements sur la géologie de la vallée du Mékong sont, comme on le voit, incomplets et peu nombreux, mais ils paraissent assez concordants. Une séparation des chaînes analogue à celle que l'on observe à l'Ouest de Ta-li-fou se manifeste donc également plus au Sud, sur le Mékong, entre 103° et 104° de long. E., autour de Pat-soum. L'inflexion au N.N.E. et même au N.E. qui se produit au Nord-Ouest, sur le bord externe, dans les Monts Naga, inclinés vers le Brahmapoutra, rappelle celle qui existe entre Mandalay sur l'Iraouaddi et Kunlon sur la Salouen, et celle-ci, bien qu'atténuée peut-être, doit se prolonger dans le bassin du Mékong jusque vers Pat-soum.

Le massif du Cambodge occupe la région où s'opère la bifurcation.

8. L'avancée des branches orientales; le Fleuve Rouge. — Sous le 30e parallèle, entre Ta-tsien-lou et Batang, Lóczy a traversé de très hautes montagnes (fig. 40). Le Gambou, à l'Ouest du 100°, atteint 7 400 mètres et l'altitude du Djara, aux environs de Ta-tsien-lou, est évaluée plus haut encore. Ces montagnes se dirigent presque exactement N.-S. et sont formées de terrains archéens, au milieu desquels courent des bandes d'un grès analogue au Flysch[1]. Vers le Sud, leur hauteur diminue et elles sont traversées par le Yang-tsé-kiang, dont le cours, empruntant successivement des tronçons de vallées longitudinales et transversales, dessine plusieurs coudes brusques. Amundsen a constaté que le fleuve, en aval des montagnes neigeuses de Li-kiang, retourne vers le Nord bien plus loin que nos cartes ne l'indiquent[2].

De Taï-ping-tchang, sur la frontière du Yun-nan et du Sé-tchouen, à l'Est de Young-peï-ting, c'est-à-dire de la partie orientale de ces montagnes, Leclère a rapporté des empreintes végétales que Zeiller assimile à celles du Gondwana supérieur, dans l'Inde[3]. Le coude situé à l'Est du confluent du Ya-long est formé de leptynite. Un mélaphyre à labrador apparaît sur le Yang-tsé-kiang. Dans le Nord

1. L. von Lóczy, *Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Reise des Grafen* Béla Széchenyi *in Ost-Asien*, I, p. 692-726.

2. Ed. Amundsen, *A Journey through South-West Sechuan* (Geogr. Journ., XV, 1900, p. 620-625, et XVI, 1900, p. 531-537, 2 cartes; en particulier p. 532).

3. R. Zeiller, *Sur quelques plantes fossiles de la Chine méridionale* (C. R. Acad. Sc., CXXX, 1900, p. 186-188).

du Yun-nan, des coulées de porphyrite andésitique sont interstratifiées dans le Carbonifère, et les mêmes roches se répètent au Sud. Mais les notes de Michel Lévy et Lacroix sur les roches rapportées par Leclère montrent en outre qu'il existe dans la vallée du Fleuve Rouge, jusqu'à Yen-bay (21° 30′), en venant du Nord, des schistes archéens servant de substratum à une série paléozoïque [1]. Un bassin houiller, probablement tertiaire, occupe le fond de la vallée sur une longueur de 30 à 40 kilomètres [2].

Au Nord-Est du Tonkin, dans le district de Cao-bang (de 22°15′ à 23° de lat. N. environ), d'après la description donnée par Billet, la direction S.E. est partout mise en évidence par l'allure des chaînes de hauteurs et des vallées. La région sud-ouest est formée de schistes anciens et de quartzites; les reliefs y sont arrondis et en

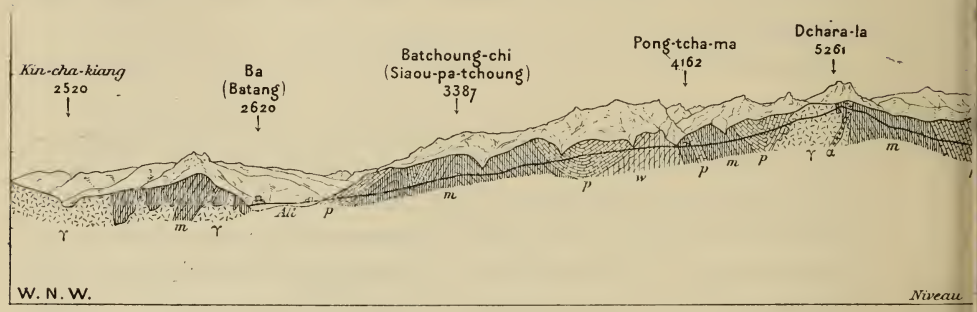


Fig. 40. — Les montagnes du Sé-tchouen à l'Est de Batang, d'après Lóczy (*Wissensc*
Gn, Gneiss γ, Granite; *m*, Schistes métamorphiques; *w*, Couches du Wutai; *p*, Calcaires paléozoïques inféri

pentes douces. Dans la région nord-est prédominent des calcaires souvent riches en Polypiers, que caractérisent des parois abruptes, des cimes pointues, des grottes et de grands « cirques » [3]. Là encore, nous arrivons au bord du grand plateau calcaire du Yun-nan, dont il sera question plus loin.

Passons à la rive occidentale du Fleuve Rouge.

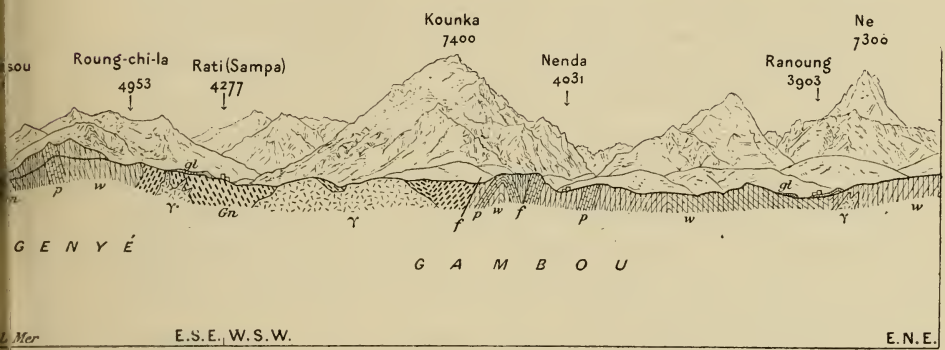
Douvillé et Diener ont fait connaître la présence de l'étage julien

1. Michel Lévy, A. Lacroix et Leclère, *Note sur les roches cristallines et éruptives de la Chine méridionale* (C. R. Acad. Sc., CXXX, 1900, p. 211-213).

2. Zeiller, *Sur des empreintes végétales du bassin de Yen-Baï, au Tonkin* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XXI, 1893, p. cxxxv).

3. A. Billet, *Deux ans dans le Haut-Tonkin, Région de Cao-Bang* (Bull. Scientifique de la France et de la Belgique, éd. par A. Giard, XXVIII (4e sér., VII), 1896-98, p. 1-360, 18 pl., 3 cartes; en particulier p. 48-54). [Voir aussi : *Le Haut-Tonkin, Région du Cao-Bang* (Annales de Géogr., VI, 1897, p. 431-449, pl. XII : carte).] Sur le chemin de fer de Phu-lang-thuong à Langson, qui doit traverser le prolongement au Sud-Est des hauteurs de Cao-Bang, on a signalé, dans des schistes noirs, des fragments

du Trias sur le cours supérieur de la Rivière Noire[1]. Joubert déclare avoir trouvé le bord du plateau calcaire du Yun-nan dès la haute Rivière Noire (Nam-lé-Papien). Ce voyageur, qui venait de l'Ouest, traversa près de la ville de Pu-erh, encore à l'Ouest de la Rivière Noire, d'abord des couches anthraciteuses fortement redressées, puis des grès et des calcaires affectant une direction E.-W. assez marquée. Cette chaîne est désignée sur la carte de Francis Garnier sous le nom de *Ho-liem;* elle-y apparaît comme le prolongement dévié d'une longue chaîne venant du Nord, qui, dans le Holiem, court à l'E.S.E. et continue sur une grande distance au S.E. Sur la route de Pu-erh à Lin-ngan, il vit au Sud de hautes montagnes, dont il évalue l'altitude à 4 000 mètres au moins. D'après leur position,



(*Ergebnisse der Reise des Grafen* Béla Széchenyi *in Ostasien*, I, p. 700, Profiltafel III).
Alluvions; *gl*, Moraines; *f*, *f*, Failles. — Échelle des longueurs : 1 : 400 000; hauteurs 1 : 200 000.

ces montagnes ne peuvent guère être qu'un prolongement du Holiem. Mais je ne possède aucune indication précise à leur sujet[2].

Au delà de Pu-erh, près de Sémao (Szu-mao-ting), le pays, d'après Bons d'Anty, est découvert, et quelques massifs d'un calcaire tout percé de grottes le dominent. C'est à l'Ouest de cette même plaine, comme on l'a déjà dit, que le Mékong est bordé de chaînes courant au S.E. Nous approchons ainsi de la bordure occidentale des plis orientaux et de la zone où s'opère la bifurcation[3].

d'Ammonites appartenant probablement au Trias inférieur (Douvillé, Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XXIV, 1896, p. 454).

1. Ch. Diener, *Note sur deux espèces d'Ammonites triasiques du Tonkin* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XXIV, 1896, p. 882-886) : *Juvavites Tonkinensis* Diener.

2. Fr. Garnier, *Voyage d'Exploration en Indo-Chine*, in-4° et atlas in-folio, Paris, 1873, I, p. 442 et suiv. Un croquis des sources du Fleuve Rouge a été donné par C. E. Bonin, Bull. Soc. Géogr. Paris, 7e sér., XVIII, 1897, p. 202-206.

3. P. Bons d'Anty, *Relation d'un voyage dans la région située au Sud de Semao* (Annales de Géogr., VIII, 1899, p. 49-61, pl. I : carte; en particulier p. 57).

Quelque faible donc que soit le lien qui rattache les observations faites jusqu'ici, il n'en ressort pas moins une confirmation de l'idée exprimée depuis longtemps par Lóczy et reprise par Leclère : c'est qu'une partie des hautes chaînes du Yun-nan, infléchies du S. au S.S.E. puis au S.E., se prolongent à travers le Tonkin, en diminuant d'altitude, parallèlement aux vallées de la Rivière Noire et du Fleuve Rouge. Ce sont surtout les branches occidentales du faisceau compris entre Ta-tsien-lou et Batang qui atteignent cette énorme longueur. A l'Est, la situation est beaucoup plus compliquée.

Revenons d'abord vers le Nord.

Le Ta-pa-Chan, qui vient s'appliquer contre le versant sud du Tsin-ling-Chan, est formé, d'après Richthofen, de plis s'imbriquant du N. au S. de Silurien, de Dévonien et de Carbonifère inférieur, plis sur les tranches desquels une série de couches venant du Sud reposent en discordance. Cette série transgressive débute par des calcaires attribués par Richthofen au Permien ou au Trias et dont l'épaisseur est d'environ 360 mètres; au-dessus seulement viennent les puissants grès rouges, jaunes ou verts, avec veines de houille, qui remplissent le « Bassin Rouge ». Ces grès sont sillonnés de failles en gradins qui s'inclinent au N.W., c'est-à-dire vers les hautes montagnes (II, p. 315).

Ce que Lóczy a vu plus à l'Ouest est analogue. Au pied du Niou-tou-Chan (5 800 m.) se trouve la plaine de Tching-tou-fou, longue de 120 kilomètres et dont l'altitude n'est que de 480 mètres. En même temps, l'épais massif calcaire disparaît sous les grès. Lóczy considère cette plaine comme un bassin d'affaissement [1].

Les hautes montagnes dévient de plus en plus au S.W., puis au S., et entourent en arc de cercle la ville de Ya-tchéou-fou (531 m.). En même temps, elles s'abaissent à 4 000 mètres au Taouong-tin, puis, dans la première chaîne qui prend la direction du Sud, à 3 200 mètres. Sur le bord oriental de cette chaîne, au Sud-Ouest de Ya-tchéou-fou, on voit trois anticlinaux parallèles, où la série des couches à plantes est plissée avec son soubassement paléozoïque; les montagnes plus élevées sont en granite, recoupé en biais par un synclinal où le Dévonien moyen à *Spirifer undiferus* et des grès à empreintes végétales montent jusqu'à 2500 mètres. Lóczy

1. G. Kreitner, *Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Reise des Grafen* Béla Széchenyi *in Ostasien*, I, 1893, p. 214; L. von Lóczy, même ouvr., I, p. 690. Le voyage de Rosthorn a eu pour théâtre la même région; A. von Rosthorn, *Eine Reise im westlichen China* (Mittheil. k. k. Geogr. Ges. Wien, XXXVIII, 1895, p. 285-320, carte).

appelle cette première chaîne dirigée N.-S. *Ta-chian-ling;* c'est une partie du bord oriental du faisceau de l'Est.

Du Ta-pa-Chan et du Niou-tou-Chan au Ta-chian-ling, il existe donc un arc montagneux dont la concavité est tournée au S.E. et qui rappelle jusqu'à un certain point, par son allure, le Kharauarin-Oula.

F. von Richthofen montre que la structure du Ta-pa-Chan reparaît très loin au S.E., vers I-tchang sur le Yang-tsé-kiang. Une grande table de calcaire, d'âge cambrien et carbonifère à la partie supérieure, présente à l'Ouest d'I-tchang une large ondulation, dirigée E.N.E., dans l'axe de laquelle affleurent des roches métamorphiques et du granite. Le flanc S.S.E. s'abaisse peu à peu; le flanc N.N.W. est disposé en plis simples qui surplombent légèrement au S.S.E.; du côté du Sé-tchouen, les couches mésozoïques à empreintes végétales prennent part au plissement. Cette large zone, coupée par le Yang-tsé-kiang, passe directement, à l'W.S.W., au haut massif du Kouei-tchéou et du Yun-nan[1].

De cette manière, nous voyons s'annoncer une seconde chaîne, correspondant au Ta-pa-Chan, et dans l'intervalle, ou mieux peut-être supporté par la chaîne méridionale, se trouve le Bassin Rouge. Dans le Sud-Ouest de cette région, Bourne est allé de Lou, sur le Yang-tsé-kiang, d'abord au S., en traversant la frontière du Kouei-tchéou, puis au S.W., jusque dans le bassin du Mékong, en passant par Yun-nan-fou. La limite du grès rouge est atteinte près de Yung-ning (330 m., 28° 10′ de lat. N.); là, on arrive à une ligne d'escarpement très continue, qui coïncide en gros avec la limite entre le Sé-tchouen et le Yun-nan, puis le Kouei-tchéou. C'est le commencement d'une région calcaire très étendue, où les rochers découpés par l'érosion affectent souvent les formes les plus bizarres. A peu de distance au Sud de cette limite, le calcaire s'élève à 1650 ou 1700 mètres; au Sud-Ouest de Weï-ning, dans le Kouei-tchéou occidental, il atteint 2350 mètres, et 1956 mètres à Yun-nan-fou. On constate que les couches sont redressées et plissées, aussi bien les grès du Bassin Rouge que les calcaires. A peu près à mi-route entre le bord sud du lac de Yun-nan-fou et le Fleuve Rouge, on trouve du granite (1652 m.). La limite occidentale du calcaire est déjà franchie[2].

1. F. von Richthofen, *Über Gestalt und Gliederung einer Grundlinie in der Morphologie Ost-Asiens* (Sitzungsber. k. Preuss. Akad. Wiss. Berlin, 1900, XL, p. 893 et suiv.).

2. F. S. A. Bourne, *Report of a Journey in South-Western China* [Blue Book]. China, N° 1 (1888), London, in-folio, 92 p., 5 cartes. Litton s'est également avancé au Nord-Ouest jusqu'à Sungpan; S. L. Litton, *Report of a Journey to North Ssu-Chuan;* Idem, Miscellaneous Series, N° 457 (1898), 48 p., cartes.

On doit à Leclère la contribution la plus importante à la connaissance de la région calcaire. Son itinéraire s'est développé de Hanoï dans la direction du N.W. vers Mong-tsé, où un futur chemin de fer devra s'élever de 100 à 1700 mètres, puis par Yun-nan-fou et Ta-li-fou, tournant à l'Est par Kouei-Yang et Kouei-lin et revenant à Hanoï par Nan-ning. Non seulement Yun-nan-fou, mais aussi Lin-ngan et Mong-tsé sont encore en terrain calcaire; toute la région, d'après Leclère, est sillonnée de flexures qui s'orientent N.N.E. et la font descendre par gradins successifs, dans la direction de l'E.S.E., d'une hauteur moyenne de 2 200 à 400 ou même 100 mètres.

Grâce à ce voyage et aux travaux de Douvillé et de Zeiller, basés sur l'étude des collections rapportées par Leclère, on se rend compte de la variété des terrains qui constituent cette région. Le Dévonien moyen et supérieur apparaît autour du Lou-nan, à l'Est de Yun-nan-fou, et divers étages du Carbonifère et du Permien affleurent jusqu'à Kouei-lin, où l'on trouve du Carbonifère supérieur. Une espèce voisine du *Lecanites psilogyrus* du Salt-Range se montre non loin de Kouei-Yang. A l'Ouest, près de Mong-tsé, affleure un calcaire corallien gris contenant *Naticopsis declivis*, *Delphinulopsis Cainali* et d'autres formes d'Esino et de la Marmolata. Le Lias est encore très douteux; par contre, il existe dans plusieurs localités des couches à empreintes végétales que Zeiller attribue à l'étage rhétien[1].

Ce grand plateau calcaire, avec la répétition du Ta-pa-Chan qui se présente près d'I-tchang, sur le Yang-tsé-kiang, est coupé au Nord, dans sa partie principale, d'après les observations concordantes de Richthofen et de Leclère, par une faille ou une flexure dirigée N.N.E.; pour le Sud au contraire, ces deux géologues ne sont pas tout à fait du même avis. Richthofen insiste sur un fait très remarquable, à savoir que la cassure d'I-tchang prolonge en tracé et en direction

1. Leclère, *Sur la géologie de la Chine méridionale* (C. R. Acad. Sc., CXXX, 1900, p. 184-185); *Sur la continuité tectonique du Tonkin avec la Chine* (Ibid., CXXXI, 1900, p. 966-969, carte); et *Géographie générale des provinces chinoises voisines du Tonkin* (La Géographie, I, 1900, p. 267-288, pl. 8 : carte); H. Douvillé, *Examen des fossiles rapportés de la Chine par la mission Leclère* (C. R. Acad. Sc., CXXX, 1900, p. 592-595). [Voir surtout A. Leclère, *Étude géologique et minière des provinces chinoises voisines du Tonkin* (Annales des Mines, 9e sér., XX, 1901, p. 287-492, pl. V-XVI; la pl. XIII est une carte géologique d'ensemble à l'échelle de 1 : 5 000 000).] *Lecanites psilogyrus* appartient à l'horizon le plus ancien du Trias inférieur du Salt Range. Si cette détermination était confirmée, cette découverte aurait pour résultat d'étendre la limite de la Téthys mésozoïque jusqu'au delà du 107° de long. E. et de 26° de lat. N., au Nord. Mais le genre *Lecanites* a été également retrouvé par Diener dans les couches à Bellerophons du Permien des Alpes Méridionales. — E. Koken a décrit une faune triasique du type de Saint-Cassian, provenant d'une localité indéterminée du Kouéi-tchéou: *Ueber triassische Versteinerungen aus China* (Neues Jahrb. f. Min., 1900, I, p. 186-215, pl. IX-X).

la flexure du Taï-hang-Chan, dans le Chan-si, et aussi l'escarpement par lequel le Tsin-ling-Chan se termine vers l'Est. Plus au Sud, Leclère signale sur le même alignement, près de Hoaï-yuen, au Sud-Ouest de Kouen-liu, une arête de terrains précambriens et un culot de granite, accompagné à l'Ouest, sur le Si-kiang, par des roches précambriennes.

Les relations de ces terrains anciens ne se dégagent pas encore avec netteté des documents publiés jusqu'à présent. Il n'est guère possible de dire s'ils représentent le substratum de la plate-forme calcaire, comme auprès d'I-tchang, ou s'ils font partie du massif ancien qui existe probablement dans le Sud-Est de la Chine, en formant un avant-pays indépendant des Altaïdes.

Les quelques faits que Madrolle a publiés sur *Haï-nan* montrent au centre de l'île un massif montagneux formé de granite et de schistes, le *Saï*, d'où partent dans diverses directions un certain nombre de crêtes. Une formation argilo-sableuse, rouge au Nord, jaune à l'Est, entoure ce massif [1].

Nous avons déjà parlé du delta du Fleuve Rouge et de la côte du Tonkin (II, p. 277). Je dois avouer, à regret, que je n'ai pas encore réussi à me former une opinion sur les rapports des terrains de la plaine avec ceux des chaînes qui bordent le Fleuve Rouge. Il semble ressortir des notes additionnelles de Jourdy qu'en amont du delta, vers Phu-lang-thuong, ce rattachement est ménagé par un changement de direction [2].

La *Cordillère de l'Annam*, qui suit la côte orientale en formant un arc allongé, ressort très nettement sur la carte géologique de l'Indo-Chine publiée depuis longtemps par Edm. Fuchs (fig. 41) [3]. Bel a traversé cette chaîne sur toute sa largeur, en partant du petit bassin de houille mésozoïque de Tourane, sur la côte orientale (16° 10′).

Sous cette latitude, elle est constituée par plusieurs coulisses de roches dioritiques et granitiques, s'élevant de 600 à 900 mètres, puis de gneiss et de schistes cristallins. C'est seulement du côté de l'Ouest qu'une bordure de terrains stratifiés plus récents paraît s'y adjoindre. Nous avons déjà mentionné à Lakhon, sur le Mékong

1. Cl. Madrolle, *Étude sur l'île d'Haï-nan* (Bull. Soc. Géogr. Paris, 7e sér., XIX, 1898, p. 187-228, carte).

2. E. Jourdy, *Note complémentaire sur la Géologie de l'Est du Tonkin* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XIV, 1885-86, p. 445, carte).

3. Edm. Fuchs et E. Saladin, *Esquisse géologique de l'Indo-Chine* (Annales des Mines, 8e sér., II, 1882, Mémoires, pl. VI).

(17° 20′), un petit territoire montagneux qui, très probablement, en fait déjà partie [1].

Au delà d'Attopeu (au Sud du 15° de lat. N.), on trouve à l'Ouest de la Cordillère, dans la direction du Mékong, une région montagneuse autonome, où Joubert avait déjà signalé le grand développement des basaltes. Cette région doit appartenir au massif du Cambodge (II, p. 275).

9. Résumé. — Une fois dégagées de l'obstacle répondant au môle sinien (Ordos) à l'Est et du rétrécissement formé par l'arc de Yarkend (Altyn-Tagh, Anembar-Oula) à l'Ouest, les branches puissantes du Kouen-lun central et oriental, à partir de l'Arka-Tagh, s'allongent en ligne droite vers l'E.S.E., au Sud du môle sinien, dans le Tsin-ling-Chan. Mais bientôt se prépare un nouveau resserrement des coulisses, sous l'influence de l'Himalaya, à l'Ouest, et peut-être, à l'Est, du lointain massif ancien encore peu connu qui occupe le Sud-Est de la Chine; puis les chaînes, en s'avançant vers le Sud, sont encore une fois divisées par le massif du Cambodge, qui surgit dans l'intervalle. On ne peut décider si l'influence de ce massif se fait réellement sentir très au Nord, ou si l'augmentation d'espace suffit pour expliquer la divergence des faisceaux.

Le groupe occidental s'étend à travers la Birmanie jusqu'à la presqu'île malaise et le groupe oriental se suit du Yun-nan au Tonkin. Déjà, entre Ta-li-fou et Young-tchang-fou, on constate que les chaînes ont une tendance à s'écarter, et cette disposition s'accentue dans le bassin du Mékong. En même temps, les altitudes diminuent vers le Sud.

L'arrêt déterminé par l'extrémité orientale de l'Himalaya se traduit par l'avancée en arc de cercle des Monts Patkoï et Naga, de même que par la courbe que décrivent les montagnes d'Arrakan. A l'intérieur, cette allure a pour pendant la direction S.W. qui est visible de Kunlon à Thibaw et Mandalay. Puis, dans les États Shans de la Birmanie, plusieurs des coulisses venant du Nord et du Nord-Est disparaissent sous des plateaux de calcaires paléozoïques très étendus, dont l'aspect rappelle celui du Karst; ces plateaux sont plissés et ne doivent leur forme tabulaire qu'à la dénudation. De nouvelles coulisses se présentent dans le Sud et forment la presqu'île malaise. Une zone de disjonction très longue et extrêmement régulière se poursuit entre les coulisses des Altaïdes à partir du volcan

1. J. M. Bel, *Mission au Laos et en Annam* (Bull. Soc. Géogr. Paris, 7e sér., XIX, 1898, p. 261-290).

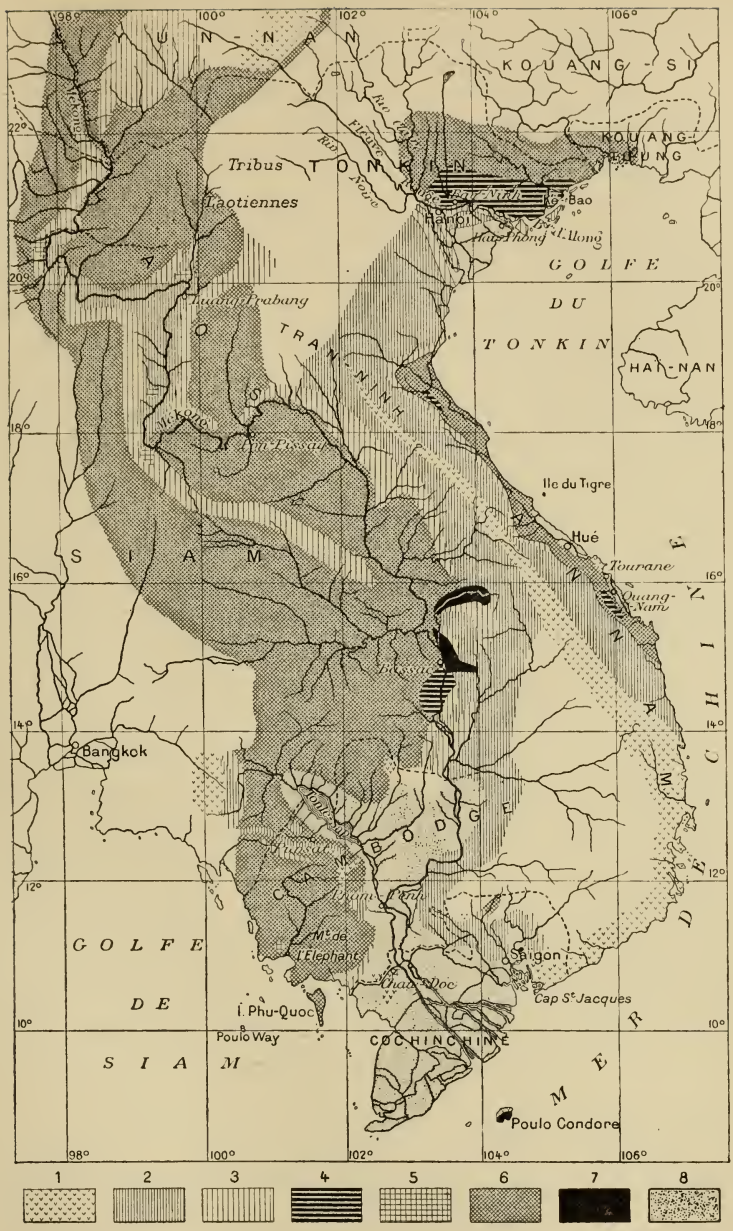


FIG. 41. — Esquisse géologique de l'Indo-Chine, d'après Edm. Fuchs et E. Saladin (*Annales des Mines*, 8e sér., II, 1882, pl. VI).

1. Roches granitiques; 2. Terrain ancien; 3. Calcaire carbonifère ou dévonien; 4. Bassins houillers; 5. Roches porphyriques; 6. Grès et argiles versicolores; 7. Roches volcaniques; 8. Alluvions. — Échelle moyenne 1 : 12 000 000.

Ho-shue-Chan, et s'étend selon toute apparence jusqu'aux îles Banda.

La configuration du groupe oriental est bien différente.

Le Ta-pa-Chan, dont les écailles sont refoulées vers le S., vient se mouler sur le flanc méridional du Tsin-ling-Chan ; il fait partie d'un arc concave au S.E., dont le segment occidental passe aux coulisses N.-S. du Yun-nan. Un tronçon de chaîne analogue existe à l'Ouest d'I-tchang, sur le Yang-tsé-kiang. La partie occidentale des hautes coulisses du Yun-nan se prolonge dans la direction du Fleuve Rouge et de la Rivière Noire ; selon toute apparence, la Cordillère de l'Annam doit aussi être attribuée à ce groupe. La partie orientale s'abaisse sous le grand plateau calcaire du Koueï-tchéou, du Sud-Est du Yun-nan et de l'Ouest du Kouang-si, de la même façon que les coulisses du Nord-Est de la Birmanie disparaissent sous le plateau calcaire des États Shans. De même que là, les calcaires sont également plissés et le plateau doit sa configuration à l'abrasion. C'est ce qu'ont constaté Middlemiss en Birmanie et Bourne dans le Koueï-tchéou. On retrouve d'ailleurs ces calcaires percés de grottes dans les intervalles qui séparent les contreforts des montagnes, par exemple dans la plaine de Sé-mao. *D'une façon générale, le haut pays karstique des États Shans, en Birmanie, de même que la grande région calcaire du Sud-Ouest de la Chine, semble représenter la retombée du manteau sédimentaire plissé que l'érosion a fait disparaître au sommet des hautes chaînes, mais qui, dans les parties moins élevées, s'est maintenu à l'état de plateaux arasés, sous lesquels ces chaînes vont se perdre* [1].

C'est ainsi que se décompose peu à peu, à l'orient du Tibet, la large intumescence des Altaïdes. Tout s'abaisse. De nombreuses coulisses disparaissent. Seuls quelques faisceaux allongés se poursuivent, à l'Est jusqu'à la Cordillère de l'Annam, et à l'Ouest, en donnant sans cesse naissance à de nouvelles coulisses, à travers la presqu'île malaise et même jusqu'au delà de Java.

10. L'archipel malais ; presqu'île de Malacca ; arc de Banda ; île Christmas. — Nous sommes arrivés à l'une des parties les plus instructives de la surface terrestre. Quatre éléments se réunissent pour la former : l'extrémité de l'arc birman, les branches méridionales de la virgation des Philippines, les prolongements de la puissante Cordillère de la Nouvelle-Guinée, enfin le Continent

1. C'est ce qu'a supposé également Lóczy (*Reise des Grafen* Béla Széchenyi *in Ostasien*, I, p. 760).

australien, avec la Cordillère qui jalonne son bord oriental et traverse le détroit de Torres.

Pour nous rattacher au paragraphe précédent, considérons d'abord le premier de ces éléments.

Les coulisses de cette branche des Altaïdes, qui est celle qui s'avance le plus loin au Sud-Est, se décomposent en péninsules, puis en îles. Les parties visibles des faisceaux de plis s'écartent toujours davantage. C'est là un phénomène que l'on observe souvent quand une chaîne plissée atteint la mer. Les îles et les récifs se font plus rares à mesure qu'on s'éloigne des péninsules, et la détermination des lignes directrices suivant lesquelles elles s'ordonnent finit par devenir impossible. Mais il n'en va pas toujours ainsi pour les volcans. Très souvent, l'on constate que plus la mer masque une cordillère et plus les volcans se multiplient, et il arrive même que la cordillère disparaît presque complètement, tandis que des courbes de volcans demeurent visibles en révélant le plan de l'édifice disparu. C'est ce qui se produit aux Aléoutiennes, aux Kouriles, aux îles Riou-Kiou, aux Philippines, et en partie également dans l'archipel malais ; aussi est-il particulièrement intéressant, dans tous les cas de ce genre, de voir dans quelles circonstances, par rapport aux coulisses de la cordillère, les lignes volcaniques passent des péninsules à la mer.

La zone crétacée et tertiaire inférieure des Monts Naga et de la côte d'Arrakan, avec ses longues traînées de serpentine, plonge sous les flots au Cap Négraïs pour reparaître aux Andaman et aux Nicobar[1] (I, p. 592), et la chaîne d'îles située à l'Ouest de Sumatra, de Poulo Nias jusqu'à Engaño (I, p. 600), peut être regardée comme son prolongement.

Puis vient la large dépression comprise entre cette chaîne et le Sittang, à laquelle appartiennent la plaine de l'Iraouaddi et la ride tertiaire du Pegu-Yoma. A ce sillon allongé correspond le Golfe de Martaban.

Ce n'est pas dans le prolongement d'un des longs faisceaux de plis, mais dans le prolongement de cette dépression et du golfe de Martaban qu'est située la longue traînée de volcans qui s'étend du Ho-chue-Chan (23°30′ de lat. N.), par le Puppa-doung (21°) et le petit rocher trachytique du Chouk-talon (16°22′), jusqu'à Narcondam (13°24′) et à Barren Island (12°17′)[2].

1. R. D. Oldham, *Geology of the Andaman Islands* (Records Geol. Survey of India, XVIII, 1885, p. 135-145, carte). L'auteur de ce mémoire confirme une fois de plus l'identité des terrains de ces îles avec ceux de l'Arrakan.

2. Voir I, p. 597; II, p. 271; A. Carpenter, *On Soundings recently taken of Barren Island and Narcondam* (Records Geol. Survey of India, XX, 1887, p. 46-48, carte

A l'Est, viennent au delà de la cassure du Sittang toute une série de coulisses, qui se prolongent ensuite dans la *presqu'île malaise* (I, p. 599).

Warington Smyth décrit en termes excellents l'extraordinaire régularité et la longueur de ces bandes. A l'Ouest des lambeaux carbonifères supérieurs, que l'on connaît jusqu'à Tenasserim, vient la première bande granitique, qui se termine à Junk Ceylon (7° 50′). En plusieurs endroits, elle renferme de l'étain. Puis vient, à l'Est, une bande calcaire; près de Champawn, sur la côte orientale (10° 30′), on voit quelques montagnes isolées, au profil abrupt, qui en font partie. Elle a pour prolongement le promontoire rocheux de Sam Roi Yawt (par environ 12° 6′; 619 m.); au Sud de Langsuan reparaissent les rochers calcaires. L'île Antawng est formée de calcaires plissés, et la bande calcaire, dans son ensemble, correspond à la dépression du fleuve Bandon, qui traverse en biais, comme une large coulisse, toute la péninsule.

A l'Est de cette vallée s'élève la seconde coulisse granitique, dont les roches sont également stannifères. Elle émerge du golfe de Siam à l'île Kaw Tau (par 10° 6′ environ, 375 m.), forme les hautes îles Kaw Pungunn et Kaw Samui (9° 45′, 676 et 691 m.), puis, pénétrant dans la péninsule, constitue la Lakawn-Range, qui coïncide désormais avec l'axe de celle-ci [1].

Plus au Sud, cette longue chaîne de granite est remplacée par des croupes isolées, et en compagnie de sédiments anciens, elle atteint la mer à Singapore [2]. Mais une série de récifs et de petits îlots témoigne de sa continuité avec les îles de Bangka et de Billiton, si riches en mines d'étain.

et profils); voir aussi D. Prain, *On the Flora of Narcondam and Barren Island* (Journ. Asiatic Soc. Bengal, LXII, 1893, part 2, p. 39-86, pl. III-IV : cartes).

1. H. Warington Smyth, *Journeys in the Siamese East Coast States* (Geogr. Journ., XI, 1898, p. 465-492, carte); au Nord de Singora (7°6′), il paraît y avoir des traces d'une nouvelle bande calcaire à l'Est, autour de l' « Inland Lake » (p. 482). Consulter en outre les travaux antérieurs de Low, *Notes on the Geological features of Singapore and some of the Islands adjacent* (Journal of the Indian Archipelago, Singapore, I, 1847, p. 83-100, 1 pl.); J. R. Logan, *Sketch of the Physical Geography and Geology of the Malay Peninsula* (Ibid., II, 1848, p. 83-138), et *Notices of the Geology of the Straits of Singapore* (Ibid,, VI, 1852, p. 179-217, 1 carte géol.; reprod. Quart. Journ. Geol. Soc., VII, 1854, p. 310-344, carte); J. R. Logan, *Notices of the Geology of the East Coast of Johore* (Journ. of the Indian Archipelago, II, 1848, p. 625-631).

2. H. Lake, *Johore* (Geogr. Journ., III, 1894, p. 281-302, carte); voir aussi H. Louis, *On the River Telubin* (Ibid., IV, 1894, p. 228 et suiv., carte). Quelques fossiles mésozoïques d'affinités vagues ont été rapportés de « Pahang trunk road, on the Lipis River »; Pahang se trouve sur la côte sud-est de la presqu'île; comparer R. Bullen Newton, *On Marine Triassic Lamellibranchs discovered in the Malay Peninsula* (Proc. Malacol. Soc. London, IV, 1900, p. 130-135, pl. XII). [Voir aussi R. B. Newton, *Geological Literature of the Malay Peninsula* (Geol. Mag., Dec. 4, VIII, 1901, p. 128-135).]

Grâce aux travaux très détaillés de Verbeek, les îles situées à l'Est de Sumatra, de Katjangan à l'W.N.W. jusqu'à Nangka à l'E.S.E., c'est-à-dire sur une distance d'environ 400 kilomètres, comptent parmi les régions les mieux connues de l'archipel (fig. 42). Des sédiments anciens fortement redressés et des culots de granite constituent tout ce domaine. Les premiers consistent en quartzites et en schistes, avec roches à Radiolaires, et passent pour être les équivalents de la série des schistes anciens de Sumatra, qui est sur-

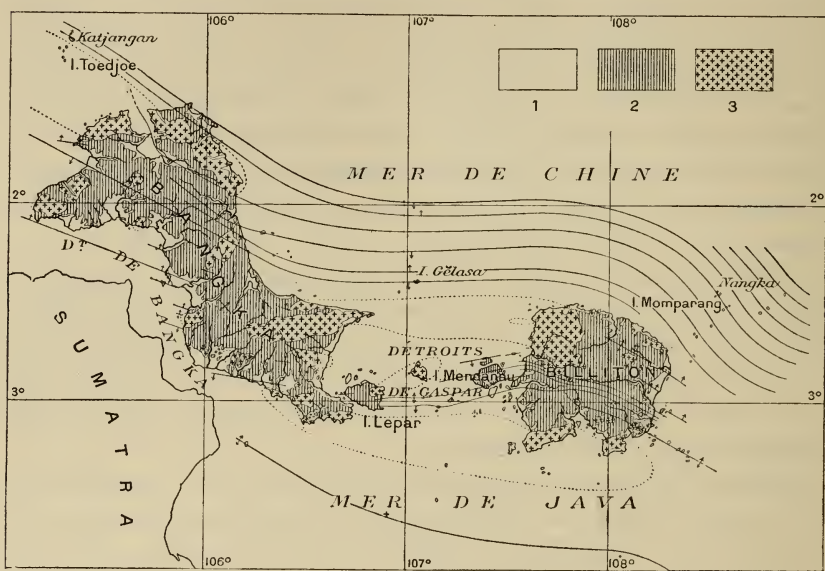


Fig. 42. — Bangka et Billiton, d'après Verbeek (Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederl. Oost-Indië, XXVI, 1897, atlas, carte n° 1).

1. Alluvions; 2. Schistes et quartzites; 3. Granite. — Les traits noirs indiquent la direction des plis et des couches, les traits ponctués la limite des massifs granitiques. — Échelle de 1 : 4 000 000.

montée par le Carbonifère supérieur. Leur allure est indépendante de celle du granite, dont la venue, d'après Verbeek, a été beaucoup moins la cause que la conséquence du plissement des terrains anciens. Sur quelques points, on voit dans ces mêmes terrains des filons de granite, et les phénomènes de contact montrent qu'une grande partie du granite est postérieure au plissement.

Dans ces îles, la direction des terrains anciens n'est pas absolument rectiligne. Déjà, aux environs de Singapore, on voit des schistes argileux s'orienter 165°. Dans les petites îles entre Bangka et Billiton, on trouve la direction 90° et même 75°, puis, à Nangka (2° 30′ de lat. S., à l'Est de 108° 30′ de long. E.), de nouveau 165°. Malgré ces déviations, la chaîne insulaire conserve dans l'ensemble

la direction E.S.E., et c'est aussi dans la même direction que se trouve l'affleurement le plus extrême connu de cette zone de terrains anciens, dans le petit groupe des îles Karimoen-djawa, au Nord de Java[1].

La structure de *Sumatra* a été décrite dans un chapitre antérieur (I, p. 600). Des schistes anciens, et même des roches analogues au gneiss, servent de substratum ; leur direction est en rapport avec la forme de l'île; au-dessus viennent en discordance des schistes dont l'âge est inconnu, mais probablement carbonifères, puis le Carbonifère supérieur, avec fossiles, et des lambeaux de Trias et de Tertiaire. Il existe à Sumatra deux lignes disjonctives : l'une, le long de la côte occidentale — c'est la ligne des éruptions andésitiques, d'âge tertiaire; l'autre, plus à l'Est — la ligne des volcans actuels. La seconde court à l'Est des Monts Barisan, formés de schistes anciens, et s'étend à travers toute la longueur de l'île. Le versant oriental de l'île est plat. On peut croire que c'est le prolongement de la dépression de l'Iraouaddi et du golfe de Martaban : si le niveau de la mer se relevait, même sur une faible hauteur, cette continuité apparaîtrait clairement. Le Carbonifère supérieur, depuis longtemps connu sur le versant occidental, a été retrouvé par Volz sur le versant oriental, où ce géologue a découvert en outre les lambeaux de Trias dont nous avons déjà parlé[2].

Il semble donc probable que l'ancienne chaîne schisteuse de Sumatra, traversée ou recoupée par ces deux lignes disjonctives, appartient à une coulisse indépendante, qui n'est pas visible en Birmanie.

Tout le domaine de l'archipel, jusqu'au continent australien, qui n'a été touché au contraire que par quelques transgressions isolées, appartient à la Téthys, qui pénétrait par le Yun-nan dans l'Asie actuelle, et la série des couches marines ne paraît y présenter aucune lacune importante, du Carbonifère supérieur à l'époque

1. R. D. M. Verbeek, *Geologische Beschrijving van Bangka en Billiton* (Jaarb. van het Mijnwezen in Nederl. Oost-Indië, XXVI, 1897, p. 1-272, pl. I-IV et atlas). L'étain apparaît comme une imprégnation en rapport avec des filons de quartz, absolument indépendante des « cornes » de l'auréole de contact des granites ; on en trouve beaucoup dans les terrains anciens, en dehors du granite.

2. W. Volz, *Beiträge zur geologischen Kenntniss von Nord-Sumatra* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., LI, 1899, p. 1-61, carte, 5 pl.); L. Milch, *Ueber Gesteine von der Battack-Hochfläche, Central-Sumatra* (Ibid., p. 62-74); pour un aperçu général, voir J. F. Hoekstra, *Die Oro- und Hydrographie Sumatra's nach dem Standpunkte unserer heutigen Kenntnisse,* in-8°, Groningen, 1893, 128 p., carte. [Voir aussi C. Schmidt, *Observations géologiques à Sumatra et à Bornéo* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., I, 1901, p. 260-267) : signale l'existence, sur le versant oriental, de couches marines tertiaires plissées, puis, à Palembang, de granites identiques à ceux de Bangka.]

actuelle. Les sédiments mésozoïques offrent beaucoup de ressemblance avec ceux de l'Europe méridionale, comme c'est le cas pour toute l'étendue de la Téthys; en particulier, une masse énorme de silicates de magnésie s'y développe dans le terrain crétacé, comme en tant de régions de Flysch de l'Europe. Les grandes bandes du Flysch de l'Arrakan, en partie au moins crétacé, se prolongent non seulement aux Andaman et aux Nicobar (I, p. 597) : Traverso décrit encore aux îles Mentawei des péridotites et des serpentines, en y signalant aussi, d'ailleurs, des amphibolites[1]. Depuis que Martin est parvenu à montrer combien sont étroites les relations qui existent, à Java, entre la serpentine et le niveau de l'*Orbitolina concava*, Verbeek attribue au terrain crétacé, dans tout ce domaine, non seulement les serpentines des diverses îles de l'archipel, mais aussi des gabbros et des diabases, certaines roches regardées jusqu'ici comme des amphibolites et des schistes verts feldspathiques[2].

C'est seulement à l'époque tertiaire, au début ou un peu avant le début du premier étage méditerranéen de l'Europe méridionale (*Burdigalien* de Depéret), que les faunes marines commencent à accuser un cachet spécial, propre à l'Inde, qui rend la comparaison directe avec les gisements d'Europe plus difficile. Les calcaires caractérisés par des Orbitoïdes Lépidocyclines acquièrent une grande épaisseur; K. Martin en a désigné certaines subdivisions sous le nom d'*étage javanais :* on peut nettement affirmer que cet étage est plus récent que le calcaire éocène à Nummulites et plus ancien que les formations continentales renfermant la faune des Siwaliks. Dans les Alpes Méridionales, des Lépidocyclines se trouvent dans les couches de Schio[3].

Les volcans actifs de la zone principale de Sumatra et de Java se prolongent à l'Est jusqu'à l'île Pantar. A partir de là, on ne connaît à Alor, Kambing et Roma (Romang) que des cratères éteints, mais qui visiblement font partie du même alignement, et au delà de Roma les volcans actifs recommencent. En même

1. St. Traverso, *Rocce di Sipora, Isole Mentavei* (Atti Soc. Ligustica di Sc. Nat. e Geogr., Genova, VI, 1895, p. 3).

2. R. D. M. Verbeek, *Voorloopig Verslag over eene geologische Reis door het Oostelijk Gedeelte van den Indischen Archipel en 1899*, in-8°, Batavia, 1900, p. 15; Verbeek et Fennema, *Description géologique de Java et Madoura*, in-8°, II, 1896, p. 928, et ailleurs.

3. K. Martin, *Eintheilung der Tertiärschichten auf der Insel Java* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., LII, 1900, Protokolle, p. 2-9); en s'appuyant sur les études consacrées aux Orbitoïdes par Douvillé (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XXVI, 1898, p. 595 et suiv.), Martin attribue les Lépidocyclines à l'Oligocène.

temps, à partir de Flores, l'allure arquée de la chaîne tout entière s'accentue de plus en plus.

Le fait est si frappant que, depuis des années déjà, la liaison

Fig. 43. — Les Philippines et l'Archipel de la Sonde, d'après R. von Drasche, Molengraaff, Verbeek, A. Wichmann, K. Martin, Koto, etc. — Échelle de 1 : 30 000 000.

des volcans situés au delà de Roma : Dammer, Tiau, Nila et Saroea, a pu être reconnue. Cet alignement a été prolongé à tort, d'après les connaissances de l'époque, par Tioor, tandis qu'en

réalité la courbe passe par Manoek et le groupe des Banda. Néanmoins, l'analogie avec la structure des Petites Antilles était dès lors évidente. A l'extérieur des volcans en question, une chaîne en arc de cercle d'îles non volcaniques fut distinguée, et la Mer de Banda fut comparée à la Mer des Caraïbes, tandis que la Mer des Alfourous était assimilée au Golfe du Mexique, c'est-à-dire à l'avant-pays (II, p. 272).

Presque en même temps, A. Wichmann décrivait l'arc qui s'étend de Roma aux îles Banda. Martin et Koto se sont également occupés de cette question, et malgré certaines divergences qui n'affectent que des points secondaires, le tableau qui se dégage de leurs exposés est le même : c'est qu'il existe dans la Mer de Banda un arc volcanique s'ouvrant vers l'Ouest, et entouré au Sud, à l'Est et au Nord par une guirlande d'îles constituées soit par des roches anciennes, soit par des sédiments tertiaires[1].

Cette disposition ressort avec une grande netteté sur la carte publiée par Wichmann en 1899 (fig. 44). L'on y remarque une cassure qui, entourant la Mer de Banda, court de Wetter par Roma et les volcans précités jusqu'à la côte sud de Nœsa Laut et d'Amboine. La lèvre affaissée est à l'intérieur, c'est-à-dire vers la Mer de Banda. Une seconde cassure, à peu près parallèle à la première, est indiquée comme passant à Kisser, Moa, à l'Ouest des îles Tenimber, et aboutissant à Tioor, au Sud de Ceram [Serang] et de Boeroe, et toujours avec affaissement vers l'intérieur. Une troisième cassure concentrique passerait à l'Est des îles Tenimber et Kei, puis au Nord de Céram et de Boeroe, avec affaissement à l'extérieur. D'après cela, toute la zone des îles Tenimber, Kei et Watoe Bella coïnciderait avec un horst disposé en arc de cercle. Une fosse séparerait ce horst, au Nord, de la Nouvelle-Guinée et des îles Misool et Obi[2].

L'un des savants qui connaissent le mieux ces régions, Verbeek, nous en donne un tableau un peu différent. D'après sa manière de

1. A. Wichmann, *Gesteine von Kisser* (Sammlungen des Geol. Reichsmuseum's in Leiden, II, 1887, p. 183-201, pl. V [et Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederl. O.-Ind., XVI, 1887, wetensch. 1de ged., p. 104-122, pl. V]). Voir aussi l'esquisse publiée dans la Tijdschr. K. Nederl. Aardrijksk. Gen., 2. Ser., IX, 1892, pl. XIII, fig. 4; K. Martin, *Die Kei-Inseln und ihr Verhältniss zur Australisch-Asiatischen Grenzlinie* (Tijdschr., etc., 2. Ser., VII, 1890, p. 240-280, en particulier p. 260 et suiv.); B. Kotō, *On the Geological Structure of the Malay Archipelago* (Journ. College of Science, Imp. Univ. Tokyo, XI, pt. 2, 1899, p. 85-120, pl. I : carte).

2. A. Wichmann, *Der Wawani auf Amboina und seine angeblichen Ausbrüche* (Tijdschr. K. Nederl. Aardrijksk. Gen., 2. Ser., XVI, 1899, Nr. III, p. 109-142, carte II); voir aussi, sur ce sujet, K. Martin, *Einige Worte über den Wawani sowie über Spaltenbildungen und Strandverschiebungen in den Molukken* (même vol., p. 709-742).

voir, à cause de l'âge plus ancien des volcans compris entre Pantar et Roma, une jonction de la chaîne principale Java-Soembawa-Flores avec la courbe des volcans actifs de l'arc de Banda n'est pas admissible. Cette courbe est regardée comme jalonnant le bord d'un affaissement distinct, qui passerait par Dammer, Tiau, Nila, Saroea, Manoek, le groupe des Banda, puis, bien loin de là, à l'Ouest des

Fig. 44. — Fractures de la Mer de Banda, d'après A. Wichmann.

Échelle de 1 : 7500000.

îles de la Tortue et Lucipara, formées de calcaires, aboutirait au volcan Api, au Nord de Wetter, et enfin à Dammer, en dessinant une ellipse fermée [1].

Nous devons d'abord considérer la configuration du fond de la mer (fig. 45).

1. R. D. M. Verbeek et R. Fennema, *Description géologique de Java et Madoura*, 2 vol. in-8° et Atlas in-folio, Amsterdam, 1897, pl. I et en beaucoup d'autres passages; Verbeek, *Voorloopig Verslag over eene geologische Reis door het Oostelijk Gedeelte van den Indischen Archipel in 1899*; Extra-Bijvoegs d. Javash. Courant, Nr. 6, Batavia, 1900, 48 p., 1 carte. [Voir aussi R. D. M. Verbeek, *Geologische beschrijving van de Banda-eilanden* (Jaarb. v. h. Mijnw. in Nederl. O.-Ind., XXIX, 1900, p. 1-29, 3 pl. et cartes).]

On savait depuis longtemps que la Mer de Banda, au-dessous de 1 600 mètres, et contrairement à ce qui se passe dans l'Océan, possède une température uniforme d'environ 3° C.; de même, dans la Mer de Célèbes, entre la profondeur de 1 300 mètres et les portions les plus déprimées du lit, les eaux se maintiennent à 3°,7 C. On en avait conclu que les eaux plus froides des régions abyssales de l'Océan ne trouvent pas d'accès jusqu'aux parties profondes de ces deux bras de mer. Les rapports de Weber sur les sondages du navire hollandais « Siboga » montrent qu'il existe en effet des seuils sous-marins, limitant de toutes parts ces cuvettes [1].

L'isobathe de 1 000 mètres relie par une vaste courbe l'Australie à la Nouvelle-Guinée et à Halmahera. Au Sud de Halmahera, les îles Obi représentent une longue bande supérieure à 1 000 mètres, qu'une étroite interruption sépare seulement d'une bande de même profondeur rattachant Besi, Mangoli et Taliabo aux îles Peling et à la partie adjacente de Célèbes.

Si, en se basant sur les indications données par Weber, l'on essaye de construire une coupe allant du centre de la Mer de Banda vers l'Est ou le Sud-Est, à travers la courbe d'îles dont il est question en ce moment, on arrive aux résultats suivants : *a*) la Mer de Banda est très profonde et atteint là 5 684 mètres; *b*) les volcans récents sont alignés, de Dammer au groupe des Banda, sur un socle commun; *c*) ce socle est suivi, vers l'extérieur, d'un sillon en arc de cercle, qui possède des profondeurs de 3 000 et même 4 000 mètres; *d*) enfin l'on atteint la guirlande insulaire externe, et en même temps les fragments de la cordillère.

Je crois donc pouvoir admettre que la cassure principale coïncide avec le bord interne de *d*, et que la crête *b*, qui sépare les deux dépressions *a* et *c*, est formée de déjections volcaniques.

En outre, un haut-fond distinct, la « crête du Siboga », court du volcan Api au N.E., et comprend les îles Lucipara et de la Tortue. Au delà de ce relèvement, au N.W., le fond de la mer redescend au-dessous de 4 000 mètres.

Si maintenant nous écartons par la pensée la nappe liquide qui recouvre non plus seulement la cuvette de la Mer de Banda, mais tout l'archipel malais à partir de Sumatra, en masquant les prolon-

1. M. Weber, *Die niederländische „ Siboga "-Expedition zur Untersuchung der marinen Fauna und Flora des Indischen Archipels und einige ihrer Resultate* (Petermanns Mitteil., XLVI, 1900, p. 182-191, carte) [et *Description de l'Expédition aux Indes Néerlandaises Orientales entreprise en 1899-1900 à bord du Siboga*, gr. in-8°, 159-15 p., 6 cartes, Leyde, 1902].

gements de l'arc birman, le plus grandiose des spectacles va s'offrir à nos regards.

La falaise sous-marine, plongeant rapidement à 3000 ou 3 500 mètres, qui borde à l'Ouest les Nicobar et les îles Mentawei, se rapproche de la côte méridionale de Java, et le fond de la mer ne se relève que bien plus à l'Est, au voisinage de Soemba, où ce grand

FIG. 45. — Profondeurs de la Mer de Banda, d'après les sondages du « Siboga » (Petermanns Mitteil., XLVI, 1900, p. 184). — Échelle de 1 : 25 000 000.

escarpement tourne au Sud-Est. Un peu plus loin de Java, dans la fosse de Maclear, les profondeurs dépassent 7 000 mètres, et au delà de cette dépression, à environ 280 kilomètres au Sud de Java, s'élève une grande montagne isolée, l'île Christmas (+ 356 m.), dont le sommet aplati dépasse d'autant le fond de la mer que les cimes entre Ta-tsien-lou et Batang dominent sa surface : émergée, on peut aisément se figurer combien l'aspect en serait formidable.

Les profondeurs, dans ces parages, oscillent entre 4 500 et 6 000 mètres.

Ainsi, Sumatra et Java nous apparaissent comme les parties culminantes d'un énorme talus montagneux, limitant du côté de l'Océan les faibles profondeurs du pourtour de Bornéo et tout le domaine des plis birmans, talus incomparablement plus important que la plupart des limites du même genre existant sur le continent asiatique. Il est vrai, l'action nivelante des dégradations atmosphériques est loin de jouer ici le même rôle, et d'autre part, les déjections des volcans interviennent. On n'est pas moins en droit de se demander jusqu'à quel point, en évaluant l'importance d'une chaîne de montagnes plissée, il convient de tenir compte, à côté de sa largeur, de sa hauteur absolue ou relative; or ce problème en soulève d'autres, et des plus difficiles. Laissons-le de côté pour le moment, et revenons à l'*île Christmas*, dont Andrews a donné une description si instructive[1].

L'île Christmas (fig. 46) est l'une de ces îles, de plus en plus nombreuses, que l'on considérait autrefois comme des récifs coralliens soulevés et qui se trouvent être constituées par des sédiments normaux de l'époque tertiaire. La montagne que couronnent ces dépôts est sans doute un ancien volcan, dont les pentes sont si rapides et si uniformes que tout autour de l'île, à environ 30 kilomètres de la côte, la sonde trouve plus de 5 000 mètres de profondeur. Ce volcan supporte une couverture de couches tertiaires, découpée de tous côtés par des falaises et autrefois plus étendue, avec une intercalation de trachyte et deux lits de basalte plus récents, interstratifiés. Jusqu'à 250 ou 300 pieds (76-91 m.), se voit un premier calcaire, éocène ou oligocène, et au-dessus, jusqu'à 550 pieds au moins (167 m.), on retrouve le calcaire à Orbitoïdes (Lépidocyclines) du Tertiaire moyen qui possède une si grande extension à Java, ainsi que plus au Nord et à l'Est. Les parties supérieures de l'île sont couvertes d'une végétation très dense et d'une terre fort épaisse, résultant de la décomposition des cendres volcaniques. Au voisinage du sommet se montrent des blocs épars de calcaire qui ne contiennent que des traces de fossiles et sont en grande partie transformés en dolomie.

Au sommet même (356 m.), la roche, qui est dure et d'un blanc jaunâtre, renferme 40,02 p. 100 de carbonate de magnésie.

1. Ch. W. Andrews, *A Monograph of Christmas Island (Indian Ocean) : Physical Features and Geology*. In-8°, XIII-337 p., 22 pl., 1 carte, London, 1900 (Publ. British Museum); en particulier p. 269-298, et la carte.

Andrews croit y reconnaître les traces d'un ancien atoll. On y trouve de petits rognons formés d'enveloppes concentriques de phosphate de chaux alternant avec du bioxyde de manganèse. D'anciens bancs de guano, les cendres volcaniques, l'eau de mer et le calcaire ont fourni les éléments de ces réactions chimiques[1].

A ces formations du sommet succèdent, dans l'ordre chronolo-

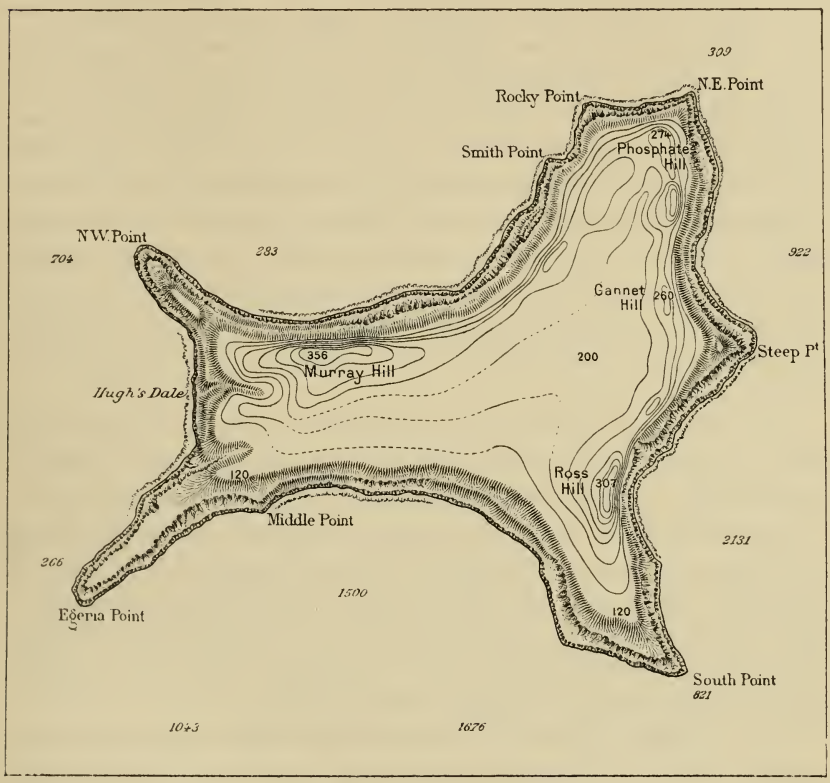


Fig. 46. — L'île Christmas, d'après C. W. Andrews. — Échelle de 1 : 200 000.

gique, les terrasses des pentes, qui tantôt résultent de l'affouillement des couches tertiaires et tantôt représentent une bordure calcaire distincte. Elles s'abaissent vers la mer en dessinant des paliers plus ou moins nets ; l'avant-dernier de ces gradins, à 15 mètres environ d'altitude, est formé d'un calcaire corallien d'aspect frais; le dernier n'est qu'à 2,7 ou 3 mètres au-dessus de la mer.

En parlant de l'isthme de Suez, (I, p. 482) nous avons distingué

1. Andrews, ouvr. cité, p. 290; E. W. Skeats, Ibid., p. 268 ; J. W. Gregory pense que le calcaire tertiaire arrive probablement au niveau du plateau (même ouvr., p. 208).

une série de couches ascendantes (superposées) et une série descendante (adossée). Pour ce qui concerne la seconde, il est certain qu'elle s'est formée à une époque où les mouvements négatifs des lignes de rivage ont été prépondérants; quant à la première, la solution est douteuse. La limite des deux séries coïncide avec le sommet des montagnes tabulaires. De même, les roches dolomitisées de la partie culminante de l'île Christmas représentent le dernier terme de la série ascendante, appartenant en tout ou en partie à l'époque tertiaire, tandis que les terrasses sont l'expression visible d'un mouvement négatif ayant procédé par saccades. Les formations du sommet indiquent la hauteur à laquelle ce mouvement négatif a atteint le fond de la mer, tel qu'il était alors; et si l'on pouvait être assuré qu'aucun mouvement tectonique n'est survenu depuis, cette hauteur serait de 365 mètres au-dessus des plages actuelles. Mais à Java, les couches tertiaires sont parfois violemment plissées, et il n'est nullement certain qu'à l'île Christmas, à côté des mouvements eustatiques négatifs du rivage, des modifications tectoniques simultanées n'aient pas pu se produire depuis l'époque tertiaire.

Cette conjecture devient une probabilité lorsqu'on s'avance vers l'Est, où l'on voit entre 119° et 124° de long. E., de Soemba à Timor, une chaîne de montagnes plissées sortir de la fosse de Maclear.

Soemba, d'après Verbeek, est faite de schistes anciens, de granite et de diabase crétacée; *Rendjoewa* et *Savoe* montrent des traces de Permien et de Trias; à Rendjoewa, on voit du Tertiaire moyen à *Lepidocyclina* en couches très redressées, et il existe à Savoe, dans l'Éocène, un anticlinal dirigé N.E., au-dessus duquel ces mêmes bancs à *Lepidocyclina* atteignent 40° d'inclinaison [1].

Rotti et *Timor* exposent la série si variée des terrains qu'ont fait connaître d'abord, il y a de longues années, les envois de Schneider à Beyrich, où Rothpletz a signalé ensuite, d'après les collections de Wichmann, le Permien, le Trias, plusieurs étages du Lias et des traces du Jurassique, et où G. Boehm a enfin reconnu la présence du *Macrocephalites macrocephalus* (échantillon recueilli à Rotti par Verbeek). Cette série recouvre des terrains archéens, que Beyrich indiquait déjà le long de la côte nord-ouest de Timor d'après les observations de Salomon Müller; et au-dessus, l'on connaît, d'après Verbeek, des roches éruptives crétacées, puis des couches tertiaires [2].

1. Verbeek, *Vorloopig Verslag over eene geologische Reis*, etc., p. 18 et suiv.

2. Beyrich, Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., XIV, 1862, p. 537, et *Ueber eine Kohlenkalk-Fauna von Timor* (Abhandl. K. Preuss. Akad. Wiss., Berlin, 1864, p. 61-98,

La constitution des petites îles situées au Nord-Est de Timor est importante à connaître, parce qu'elle montre que *la Cordillère de l'arc de Banda provient de Soemba et de Timor*. De fait, nous apprenons par les observations de Verbeek que *Letti* est formée de calcaire permien à Crinoïdes, de gabbro et de serpentine, que ces roches éruptives crétacées reparaissent à *Moa*, *Kisser*[1] et *Sermata*, et que *Luang* est faite de calcaire à Crinoïdes; à *Babber*, on connaît du Trias (?), un *Lytoceras* mésozoïque et des diabases; ces dernières roches constituent aussi *Daï*.

A *Seera*, dans le groupe des Tenimber, Martin signale un calcaire cristallin, de la dolomie et des quartzites, tandis que sur les autres îles de cet archipel, pour autant qu'on les connaît, prédominent des couches tertiaires. *Vordate* est en Tertiaire moyen, ainsi que la *Grande Kei*, celle-ci présentant peut-être de l'Éocène dans ses parties profondes[2]. *Koor*, d'après Verbeek, est faite de schistes anciens qui reparaissent à *Tioor*, île où n'existe pas de volcan, mais seulement des roches éruptives basiques crétacées; ces roches se prolongent par *Watoe Bella* et *Manawoko*. Nous arrivons ainsi, en suivant la courbe, jusqu'au voisinage de Céram; mais, avant de parler de cette grande île, nous devons exposer ce qui suit.

La nature des roches, de Timor jusqu'aux îles Babber, ne laisse aucun doute sur l'appartenance de Timor à l'arc[3]. Quelques îles sont cependant situées au Nord de Timor (Kambing, Lirang, Wetter), et les deux dernières se trouvent même au Nord et par conséquent à l'intérieur du segment de l'arc volcanique regardé par Verbeek comme plus ancien, entre Pantar et Roma. Déjà plus à l'Ouest, à *Alor*, on observe d'après Verbeek des mélaphyres, puis à *Kambing* des traces du Lias ou du Trias[4]. *Lirang* et *Wetter* sont formées de roches éruptives anciennes, surtout de diabase.

3 pl.); C. F. A. Schneider, *Bijdrage tot de geologische kennis van Timor* (Natuurk. Tijdschr. voor Nederl.-Indië, XXV, 1863, p. 87-107), et *Geologische Uebersicht über den holländisch-ostindischen Archipel* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXVI, 1876, p. 113-134, cartes); A. Wichmann, *Bericht über eine im Jahre 1888-89 ausgeführten Reise nach dem Indischen Archipel* (Tijdschr. K. Nederl. Aardrdjksk. Gen., 2. Ser., IX, 1892, p. 161-176); A. Rothpletz, *Die Perm-, Trias- und Jura-Formation auf Timor und Rotti im Indischen Archipel* (Palæontographica, XXXIX, 1892, p. 57-106, 6 pl., 1 carte [reprod. Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederl. O.-Ind., XXIII, 1894, wetensch. ged., p. 5-98, 6 pl., 1 carte]); G. Boehm, *in* Verbeek, *Vorloopig Verslag*, etc., p. 48, et *Reisenotizen aus Ost-Asien* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., LII, 1900, p. 554-558).

1. Wichmann, *Gesteine von Kisser* (voir ci-dessus, p. 308, note 1).

2. Martin, *Die Kei-Inseln* (voir ci-dessus, p. 308, note 1).

3. C'est ce que dit également Wichmann, *Der Wawani auf Amboina*, etc., Tijdschr., XVI, p. 135).

4. Schwager, dans Wichmann, Tijdschr. K. Nederl. Aardrijksk. Gen., 2. Ser., IX, 1892, p. 184.

Toutes ces circonstances attestent qu'en réalité, l'interruption de la ligne des volcans actifs signalée par Verbeek à l'Est de Pantar est fort importante; mais elles montrent aussi qu'une coulisse toute nouvelle se présente à Soemba, Savoe, Rotti et Timor, et que c'est cette nouvelle coulisse qui forme la Cordillère de Banda. D'après cette interprétation, la Cordillère de Banda, sur tout son parcours jusqu'à Céram, ne posséderait pas un seul volcan moderne. Les roches anciennes et les terrains sédimentaires se trouvent à l'intérieur, tandis que du côté externe (Tenimber, Kei), les couches tertiaires dominent, et que plus à l'Est encore, les tables calcaires des îles Aroe jouent le rôle dévolu aux Bahama dans l'arc des Antilles. Ainsi s'accroît la ressemblance de ces chaînes d'îles lointaines.

D'une façon générale, l'étude détaillée des ceintures de calcaire

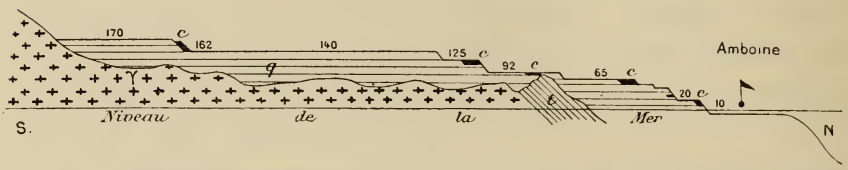


Fig. 47. — Terrasses coralliennes d'Amboine, d'après R. D. M. Verbeek (*Kort Verslag over de Aardbeving te Ambon*, in-8°, Batavia, 1899, pl. III).

Gr, Granite ; *t*, Couches tertiaires ; *q*, Alluvions ; *c*, Placages de calcaire coralligène.

corallien et des terrasses qui bordent Java et beaucoup d'autres îles de la Mer de Banda, comme à l'île Christmas, n'offrirait pas un moindre intérêt; ces formations se répètent à Halmahera et en Nouvelle-Guinée, et atteignent des altitudes considérables (fig. 47). Comme on l'a vu, à Java, à Soemba et ailleurs, les couches tertiaires moyennes à *Lepidocyclina* sont plissées. D'autre part, un juge aussi compétent en pareille matière que Verbeek déclare que dans ces ceintures, il est impossible de trouver de limite entre les formations tertiaires supérieures (pliocènes) et les formations quaternaires ou actuelles, et que l'existence d'une pareille limite est même improbable. Personne ne doute que les dépôts calcaires et coralligènes de l'époque actuelle ne soient le prolongement direct de ces mêmes ceintures, et que parmi ces dépôts les plus élevés sont en même temps les plus anciens.

Ici donc se présente l'occasion rare de comparer les effets des mouvements orogéniques dont l'écorce terrestre est le siège et ceux des mouvements négatifs qui affectent par saccades la ligne des rivages, et d'apprécier l'importance relative des uns et des autres.

L'indépendance réciproque de ces deux ordres de phénomènes, dans cet exemple même, n'en ressort qu'avec plus de netteté[1].

11. Prolongements probables de la Nouvelle-Guinée : Amboine, Céram et Boeroe. — Le groupe d'îles de Céram et Boeroe, avec Amboine et les Ouliasser, a été décrit par Martin ; de plus, Amboine a été l'objet des recherches spéciales de Verbeek[2]. Wichmann et Verbeek admettent l'un et l'autre qu'il existe une fosse entre Céram et les îles situées plus au Sud, comme s'il se produisait là une division de l'arc[3].

On rencontre à *Amboine*, d'après Verbeek, de la granitite et une diabase ancienne ; il y a aussi des péridotites, postérieures à ces deux roches, mais le rôle principal revient à des norites porphyritiques pour lesquelles Verbeek propose le nom d' « Ambonite » ; ces ambonites, de même que les péridotites, sont attribuées au terrain crétacé. En tout cas on doit les considérer, de même qu'une partie au moins des roches des *Ouliasser* et l'île d'*Amblau*, située à l'Ouest, comme le prolongement des roches basiques que nous avons suivies jusqu'à Watoe Bella et Manawoko. Il existe encore à Amboine un grès dont l'âge est probablement mésozoïque inférieur.

Céram et *Boeroe* (Bourou) forment, d'après Martin, une grande bande orientée E.-W. de terrains archéens, en particulier de micaschistes, associés à un calcaire d'âge inconnu, le calcaire de Boeroe. Sur le versant sud de Ceram, on a trouvé les restes d'un Ichthyo-

1. Verbeek signale des cas où les dépôts calcaires supérieurs ont une faible inclinaison (5 à 10°) et les dépôts moyens une inclinaison plus faible encore, mais où les dépôts les plus récents sont horizontaux. Je n'attribuerais pas une grande importance à ces plongements parallèlement à l'inclinaison des couches, parce que l'expérience apprend qu'ils peuvent résulter de circonstances fortuites, telles que la décalcification sur le parcours des eaux souterraines. Un défaut d'horizontalité des lignes de niveau serait plus significatif. Peut-être y a-t-il là une répétition des difficultés de l'Altenfjord. Verbeek, *Vorloopig Verslag*, etc., p. 37 et suiv.

2. K. Martin, *Ueber seine Reise in den Molukken, durch Buru, Seran und benachbarte kleinere Inseln* (Verhandl. Ges. f. Erdkunde, Berlin, XXI, 1894, p. 506-521, pl. 12 : carte); *Reisen in den Molukken, Geologischer Theil. I : Ambon und die Uliasser*, in-8°, 98 p. 3 cartes, 5 pl., Leiden, 1897 ; et *Ein Ichthyosaurus von Ceram* (Sammlungen d. Geol. Reichsmuseums, Leiden, IV, 1898, p. 70-85, 1 pl. [et Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederl. O.-Ind., XVII, 1888, wetensch. ged., p. 3-18, 1 pl.]) ; J. L. C. Schroeder van der Kolk, *Mikroskopische Studien über Gesteine aus den Molukken, 1. Gesteine von Ambon und den Uliassern* (Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederl. O.-Indië, XXIV, 1895, wetensch. ged., p. 1-57 [et Sammlg. d. Geol. Reichsmuseums in Leiden, Ser. I, Bd. V, 1896, p. 70-126]) ; R. D. M. Verbeek, *Over de Geologie van Ambon* (Verhand. k. Akad. Wetensch. Amsterdam, 2. Sect., VI, n° 7, 1899, p. 1-26, 1 pl.); voir aussi les travaux déjà mentionnés de Martin et Wichmann sur le Wawani.

3. Wichmann figure en outre un troisième arc, courant de la côte nord-ouest de l'Australie par les iles Aroe, la côte occidentale de la Nouvelle-Guinée et la côte sud de Misool et d'Obi.

saure, et l'on connaît dans la partie nord-ouest de Boeroe des Bélemnites et des Aptychus. Sur de nombreux points de Céram, à *Kelang* et à *Manipa* apparaissent des roches éruptives crétacées[1].

Près de la côte ouest de Boeroe, le Kapala Madang, formé probablement de calcaire de Boeroe, atteint 2 600 mètres.

Il est peu probable en soi que la Cordillère de Soemba et de Timor, après s'être résolue en une série de petites îles et de récifs, reparaisse avec un tel développement. Je préfère donc admettre que l'arc de Timor vient s'appliquer contre une autre chaîne autonome, dirigée E.-W., et je suppose que Boeroe et Céram doivent être considérées comme le prolongement de la presqu'île méridionale de la Nouvelle-Guinée.

Plusieurs circonstances appuient cette conjecture, qu'il n'est malheureusement pas possible de discuter en détail, vu le peu de précision des connaissances que nous possédons sur la Nouvelle-Guinée.

La grande Cordillère de la Nouvelle-Guinée se recourbe dans sa partie occidentale de manière à prendre exactement la direction E.-W., et elle atteint sous le nom de Monts Charles-Louis, par 4° de lat. S., la côte ouest.

Dans la presqu'île du Nord, les Monts Arfak (2 400 m. environ) suivent également la même direction.

Le Golfe de Berau (Mc Cluer) s'enfonce si profondément entre les deux péninsules du Nord de la Nouvelle-Guinée, qu'il n'est séparé de la Baie du Geelvink que par une croupe de 25 à 30 kilomètres de large. Cette croupe, d'après A. B. Meyer, est formée de calcaire, tandis qu'au Nord et au Sud on connaît des roches archéennes, en particulier du granite, et aussi du gneiss dans les Monts Arfak[2].

L'alignement du Golfe de Berau correspond à une zone marine dans laquelle on ne trouve pour ainsi dire aucune île jusqu'à la côte orientale de Célèbes; cette zone est bordée au Nord par les îles Misool, Obi Besar, Mangoli et Soela Besi, Taliabo et le groupe des Peling, qui forment une chaîne parallèle à Céram et à Boeroe et atteignant Célèbes. Au Sud d'Obi Besar, la profondeur atteint 3 400 mètres.

1. Pour les roches anciennes au Nord de Boeroe, voir aussi J. L. C. Schroeder van der Kolk, *Mikroskopische Studien über Gesteine aus den Molukken*, III (Sammlungen d. Geol. Reichsmuseums in Leiden, Ser. I, VI, 1900, p. 77-127).

2. A. B. Meyer, *Auszüge aus den auf einer Neu-Guinea Reise im Jahre 1873 geführten Tagebüchern von —, als Erläuterung zu den Karten der Geelvink-Bai und des Mac Cluer-Golfes*, in-folio, Dresden, 1875, p. 16; A. Frenzel, *Mineralogisches aus dem Ostindischen Archipel* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXVII, 1877 (Tschermak, Mineralogische Mittheil.), p. 306-308).

Pour la connaissance de cette chaîne d'îles, les observations de Verbeek sont encore très importantes. Des roches archéennes, presque toujours associées à du granite, se montrent sur la plupart des îles de l'*archipel Peling*, puis à *Taliabo, Mangoli*, *Soela Besi*, et aussi, d'après Wichmann et Kükenthal, aux *îles Obi*.

Sur la côte sud de Taliabo et de Mangoli s'ajoutent des couches jurassiques, qui renferment d'après G. Boehm *Stephanoceras Humphriesianum*, *Stephanoceras Brongniarti* et *Belemnites Gerardi*, puis des couches crétacées à *Hoplites*, *Acanthoceras*, *Schloenbachia* et *Inoceramus*[1]. Dans l'Est, à Misool, l'expédition du « Siboga » a trouvé des Ammonites et des Bélemnites.

Les roches éruptives crétacées dont il a souvent déjà été fait mention sont connues dans plusieurs localités de la presqu'île orientale de Célèbes, la presqu'île de *Banggai*, aussi bien au Nord, du côté du golfe de Tomini, qu'au Sud, du côté du golfe de Tolo; elles reparaissent à Obi Besar, Obi Latoe et dans la petite île Tamat.

Wichmann indique que, de la presqu'île sud-est de Halmahera, une traînée de roches à olivine se suit par *Faoe* près de *Gebee* et par Gag jusqu'à *Waigeoe;* et Verbeek signale ces roches éruptives crétacées sur un si grand nombre de points entre Misool et Waigeoe, qu'il est probable qu'elles forment, associées à des sédiments tertiaires, la plus grande partie des îles comprises entre Halmahera et la Nouvelle-Guinée.

Elles reparaissent à *Batanta*, *Salawati*, et à l'état de cailloux roulés, dans le lit des rivières, sur la côte nord de la Nouvelle-Guinée, ainsi que dans la Baie du Geelvink, à l'île *Roon*, dont le reste est fait de micaschistes. Les serpentines sont très recherchées des indigènes, qui les emploient à la fabrication de leurs armes, comme Beccari nous l'apprend pour ceux du voisinage de la Baie de Humboldt[2].

Un fait très remarquable, c'est que toute la partie de l'archipel qui s'oriente de l'E. à l'W., entre la Nouvelle-Guinée et Célèbes, ne possède pas de volcans. Au Nord seulement, du côté de Halmahera, Wichmann et Verbeek citent toute une série de montagnes andésitiques. Ce sont, d'après Verbeek : le *Lawien* (à l'Est d'Obi Besar), le *Pisang*, le *Kofiaoe* (au Nord de Misool), et un peu plus au Nord le *Klaarbeek*. Wichmann considère ces pointements comme jalonnant une ligne de fracture venant du Sud-Ouest de Halmahera et

1. G. Boehm, *in* Verbeek, *Voorlopig Verslag*, etc., p. 48.
2. O. Beccari, Cosmos *di* G. Cora, III, 1875-1876, p. 371.

convexe au S.W.; Verbeek figure deux lignes parallèles distinctes, courant dans la direction E.N.E. vers la côte de la Nouvelle-Guinée (fig. 54).

12. Formose (II, p. 284). — Les îles Riou-Kiou consistent en une double rangée d'îles, l'une volcanique à l'Ouest, et l'autre, à l'Est, formée des débris d'une Cordillère. Nous avons suivi cette cordillère jusqu'à Okinawa-Sima (II, p. 287). Kotō suppose que cette cordillère reparaît plus au Sud, aux îles *Nambou-Shoto* (îles du Sud), mais en changeant de direction; en même temps, il se produirait là une sorte de torsion, le plissement n'étant plus dirigé désormais vers l'Est, mais bien vers l'Ouest, et c'est sous cet aspect qu'il se prolongerait dans Formose[1].

D'accord avec cette manière de voir, Yamasaki rapporte que la chaîne principale de Formose, la *chaîne Niitaka*, se dirige W.S.W. au Nord, puis S.W., et enfin S. au Sud, en dessinant une courbe dont la concavité regarde l'Océan (fig. 48). Ce tronçon montagneux fait son apparition sur la côte nord-est de l'île, où il forme d'énormes falaises de 24° 30′ à 24° 10′ de lat. N.; bientôt après, il s'élève à 3 424 mètres au Setsu (Mont Sylvia), atteint 4 145 mètres au Niitaka-Yama (Mont Morrison) et s'abaisse au Sud sous les dépôts tertiaires qui constituent toute la pointe méridionale de l'île.

La chaîne Niitaka est faite, pour autant qu'on la connaît, de schistes anciens et de calcaires cristallins. Elle est accompagnée à l'Ouest par la *chaîne Kali;* des sédiments tertiaires régulièrement stratifiés, des calcaires à Nullipores et des grès à *Lepidocyclina*

1. B. Kotō, *The Geological Structure of the Riu-Kiu Curve* (The Geol. Magazine, Tokyo, V, n° 49, 1897, p. 1-12, carte). Kotō distingue encore, outre les zones déjà indiquées dans cet ouvage (II, p. 286), une zone orientale externe, plus récente, dont la présence augmente l'analogie avec les Antilles; elle comprend Tanega-Sima, Kitai, la partie sud-ouest d'Okinava-Sima, Miako-Sima (où il y a des *Lepidocyclina*), et la partie méridionale de Nishi Omoti. Cette zone est constituée surtout par du calcaire corallien. La déviation des Nam-bu-sho-to a été figurée sur sa carte par Kotō, mais non encore décrite, aucun géologue compétent n'ayant jusqu'à présent visité ces îles. On sait seulement, d'après des échantillons qui en ont été rapportés, qu'il existe du granite et du gneiss dans la moitié septentrionale d'Ishigaki; la moitié méridionale est tertiaire. [Voir aussi S. Yoshiwara, *Notes on the Raised Coral Reefs in the Islands of the Riukiu Curve* (Journ. College of Sc., Imp. Univ. Tokyo, XVI, 1901, art. n° 1, p. 1-14, 2 pl.); et *Geologie Structure of the Riukiu* (*Loochoo*) *Curve and its Relation of the Northern Part of Formosa* (Ibid., art. n° 2, p. 1-67, 5 pl.).] — Yoshishara décrit du Tertiaire marin associé à des couches de houille, dans un synclinal, à l'extrémité nord-ouest de Formose (The Geol. Magazine, Tokyo, VI, n° 72, 1899, p. 333). — Une coupe de Formose donnée par Ishii s'accorde pour les traits essentiels avec l'exposé que nous donnons ici. — Le *Geological Magazine* de Tokyo est publié en langue japonaise, et je dois l'indication de son contenu à M. Yamasaki.

forment ses crêtes parallèles, « ressemblant, dit Yamasaki, à des volumes poussés les uns contre les autres ».

Le versant oriental de la chaîne Niitaka est très abrupt; une

Fig. 48.

vallée longitudinale nettement dessinée en suit le pied de 24° à 22° 45′ et le sépare de la chaîne étroite, parallèle, des *Monts Taïtō*, qui forme la côte orientale dans ces parages. Des dépôts tertiaires, ainsi que des andesites et des tufs, la constituent.

A l'extrémité septentrionale de Formose s'élève le groupe de volcans actifs du *Taïton*[1].

Kotō a confirmé la présence de tufs basaltiques aux *Pescadores* (II, p. 286) ; on voit s'y intercaler trois coulées de basalte distinctes. L'existence de bancs de lignite dans ces tufs est à noter. Les petites îles situées au Sud du Canal de Rover sont également formées de basalte.

Kashō (Samasana), à l'Est de Formose, est une montagne conique d'andésite.

Kōtō-sho (Botel-Tobago) présente du basalte feldspathique et de l'andésite, mais aussi du gabbro et de la serpentine ; peut-être est-ce là le début des roches basiques de l'époque crétacée qui acquièrent plus au Sud un si grand développement[2].

Kotō considère Botel-Tobago, la Petite Botel-Tobago (Shō-Kōtō), les rochers Forest, Belle et Gadd, les îles Batanes et Babuyanes comme les anneaux d'une chaîne qui s'étendrait jusqu'au volcan de Cagua, dans le Nord de Luçon. Cette vue concorde avec les résultats publiés par R. von Drasche. Là encore, dans le Nord de Luçon, le volcan de Cagua ne se dresse pas sur l'une des coulisses, mais dans une dépression intermédiaire, exactement comme la ligne de Barren Island dans le Golfe de Pegu.

13. Bornéo. — L'idée qu'il existe des relations tectoniques entre les Philippines et l'Archipel malais est ancienne. Dès 1845, Earl dressait une carte sur laquelle un arc volcanique est représenté comme s'étendant des Riou-Kiou à Formose, et où un second arc semblable figure entre Formose et Luçon ; là, cet arc se bifurque, et ses deux branches se prolongent en tournant au S. et au S.W., presque exactement suivant le tracé auquel plus tard était conduit Centeno (II, p. 283). A l'Est de Flores, ces deux lignes se réunissent et continuent à travers Java et Sumatra jusqu'à Barren Island, de sorte que les Philippines et tout l'Archipel malais apparaissent comme entourés par un même cercle volcanique. Une autre chaîne de volcans se poursuit, d'après Earl, du Nord-Ouest de la Nouvelle-Guinée à travers les îles Salomon et les Nouvelles-Hébrides jusqu'à la Nouvelle-Zélande[3].

1. N. Yamasaki, *Unsre geographische Kenntnisse von der Insel Taiwan* (*Formosa*), Petermanns Mitteil., XLVI, 1900, p. 221-234, pl. 19 : carte.

2. B. Kotō, *Notes on the Geology of the Dependent Isles of Taiwan* (Journ. College of Sc., Imp. Univ. Tokyo, XIII, pt. 1, 1900, p. 1-57, pl. I-V, dont 1 carte géol.).

3. G. Windsor Earl, *Contributions to the physical Geography of South-Eastern Asia and Australia*. Ce mémoire a paru d'abord dans le Journal of the Geographical

Malheureusement, l'auteur de ce travail remarquable s'est laissé entraîner par des observations incomplètes à croire que les terrains anciens de la presqu'île de Malacca se prolongent à travers Bornéo et le cercle volcanique jusqu'en Australie. Or, au moment même où paraissait son mémoire, Richard Owen venait de décrire les Marsupiaux fossiles de l'Australie, et la conclusion paraissait s'imposer que, même autrefois, ce continent n'a jamais été rattaché à l'Asie. Earl eut des contradicteurs et son travail tomba dans l'oubli.

D'un autre côté, on a discuté la question de savoir si le synchronisme des éruptions ne constitue pas la preuve que des rapports étroits unissent les volcans compris entre l'Archipel Sangi (ou Sangir), au Nord de Célèbes, et Mindanao ou même Luçon. Perrey a réuni les données qui s'y rapportent[1].

Les travaux de R. von Drasche nous ont fait connaître la virgation des Philippines, qui s'ouvre vers le Sud (II, p. 280). C'est de cette virgation que résultent les jonctions avec l'archipel malais. Les lignes principales se voient facilement en jetant un coup d'œil sur la carte. La première est la ligne de *Palaouan* [Paragua], qui limite au Sud-Est la Mer de Chine. La seconde est la ligne de *Sulu* [Jolo], isolant la Mer de Jolo. La troisième, la ligne de *Sangi*, ferme la Mer de Célèbes à l'Est. Une quatrième ligne est moins bien marquée; elle passe au Nord et à l'Ouest de Halmahera; c'est la ligne de *Ternate*.

La première ligne est la plus continue; la seconde l'est moins, et la troisième moins encore; quant à la quatrième, ce n'est plus qu'un fragment. La première est formée de terrains anciens, la seconde de sédiments récents reposant en partie sur des basaltes, et la troisième de volcans. On la suit, en particulier d'après les observations d'Abella Casariego dans l'île Bilirán, jusqu'à la grande zone volcanique de l'Albay, au Sud-Est de Luçon[2]. La quatrième ligne est de même constituée par des volcans; son prolongement septentrional n'est pas visible.

En comparant ces lignes, qui représentent en partie des cou-

Society of London (XV, 1845, p. 358-365), puis, sous une forme très augmentée, dans le Journal of the Indian Archipelago, Singapore (VI, 1852, p. 243-277, carte, et New Ser., II, 1858, p. 278-286).

1. Al. Perrey, *Documents sur les tremblements de terre et les phénomènes volcaniques dans l'Archipel des Philippines* (Mém. Acad. Sc. Dijon, 2e sér., VIII, 1860, p. 85-194, carte d'après Hochstetter); voir aussi J. Nieto Aguilar, *Mindanao, su historia y geografia*, in-8°, Madrid, 1894, p. 73.

2. Enr. Abella Casariego, *La Isla de Bilirán y sus Azufrales* (Bol. Comision del Mapa Geol. de España, XI, 1884, p. 359-369, pl. G. : carte ; en particulier p. 365).

lisses (Palaouan) et en partie des lignes volcaniques (Jolo, Sangi, Ternate), on constate une fois de plus, il faut le remarquer, notamment à Mindanao, que les lignes volcaniques coïncident plus souvent avec les vallées comprises entre les coulisses qu'avec ces coulisses elles-mêmes.

Le Nord-Est de Bornéo correspond à la latitude de la Mer de Jolo. Il y a quelques années, la structure de cette grande île était encore fort peu connue (II, p. 273). On croyait constater dans la disposition des chaînes de montagnes de l'intérieur une ressemblance avec Halmahera ou Célèbes. Puis le rôle prépondérant de la direction N.E.-S.W. ou N.N.E.-S.S.W. apparut de plus en plus clairement[1].

Grâce aux voyages de Molengraaff, qui, dans ces derniers temps, ont fait faire les progrès les plus importants à la connaissance de ces régions, nous avons appris ensuite qu'il existe au centre de Bornéo de larges zones, dirigées à peu près E.-W.[2]. La somme des résultats acquis jusqu'à ce jour peut être résumée par l'aperçu suivant.

L'île Banguey, qui fait encore partie de la chaîne de Palaouan, est formée de serpentine et de marbre[3]; un peu au Sud de cette île se trouve la petite île de Malwalli, où l'on signale une source de boue chaude, puis l'on arrive à Bornéo. Les deux promontoires qui limitent la Baie de Marudu marquent le début de la chaîne de montagnes la plus importante de Bornéo. Au Sud-Est, une vaste plaine s'étale jusqu'aux chaînes de hauteurs qui forment le côté nord de la Baie de Darwel[4]; mais au Sud-Ouest, des montagnes de grès et de schiste s'élèvent de plus en plus, jusqu'à la saillie du *Kinibalu* (5088 mètres), massif de granite syénitique qui les domine toutes.

1. Voir les travaux des géologues hollandais sur le Sud-Est de l'île, mentionnés ci-après, et Th. Posewitz, *Borneo, Entdeckungen und Untersuchungen, gegenwärtiger Stand der geologischen Kenntnisse, Verbreitung der nutzbaren Mineralien*, in-8°, 4 cartes, Berlin, 1889, p. 198.

2. G. A. F. Molengraaff, *Die niederländische Expedition nach Zentral-Borneo in den Jahren 1893 und 1894* (Petermanns Mitteil., XLI, 1895, p. 201-208, pl. 14 : carte), et *Borneo-Expeditie. Geologische Verkenningstochten in Centraal-Borneo (1893-94)*. Uitgegeven door de 'Maatschappij ter bevordering van het Natuurkundig Onderzoek der Nederlandsche Koloniën, in-8°, XXI-529 p. 3 cartes, 56 pl. et Atlas in-folio de 22 feuilles, Leiden & Amsterdam, 1900; Met Appendix : G. J. Hinde, *Description of Fossil Radiolaria from the Rocks of Central Borneo*, 56 p.

3. F. Giordano, *Una esplorazione a Borneo* (Boll. Soc. Geogr. Ital., Anno VIII, vol. XI, 1874, p. 209, carte de l'île Banguey).

4. Elle a été décrite par W. B. Pryer, *Notes on North-Eastern Borneo and the Sulu Islands* (Proc. R. Geogr. Soc., New Monthly Ser., V, 1883, p. 90).

D'après la description qu'en a donnée Spencer St.-John, des escarpements formidables isolent de plusieurs côtés le massif granitique, auquel des montagnes profondément ravinées servent de cortège. Le sommet ou plutôt la crête du Kinibalu a 3 kilomètres environ de longueur, et au Nord-Est, par delà une profonde coupure, s'étend une arête déchiquetée encore plus longue, dont l'altitude est de 3000 à 3300 mètres. Un autre éperon se dirige d'abord vers le S.W., puis vers le S.S.W., s'abaisse bientôt à 2400 mètres et se prolonge sur 30 kilomètres au moins. A une distance de 45 kilomètres, la hauteur des cols s'abaisse à 1370 mètres. Vers l'Ouest, les escarpements de granite ont plusieurs milliers de pieds, et à leur tour les chaînes adjacentes s'abaissent si rapidement que le rivage de la Mer de Chine est atteint à moins de 40 kilomètres[1].

L'allure de la crête du Kinibalu répond à la direction de la chaîne qui, comme Crocker l'a reconnu depuis longtemps, court d'abord au S.S.W., puis au S.W., en s'élevant à une hauteur variable, et atteint par environ 112° 25′ le Mont Tjondong ou Tidong. En même temps, à partir de 1° 30′ de lat. N. environ, la direction tourne graduellement à E.-W., puis au N.W. Là où cette déviation au N.W. se fait le plus sentir, sur le cours supérieur du Sikajam (110° 20′ de long. E.), des bosses de gabbro remplacent les schistes[2]; enfin l'arc atteint la côte occidentale de Bornéo aux rochers schisteux du Cap Datoe et aux granites d'un promontoire voisin, le Gading[3].

Les quelques indices connus jusqu'à présent font supposer que les terrains sédimentaires, au Nord de cet arc montagneux, présentent une grande variété. Les grès paraissent avoir une extension considérable[4]; il y a de longues bandes calcaires, dans lesquelles se trouvent les grottes célèbres où nichent des milliers d'oiseaux. A Sarawak, Tenison-Woods a fait connaître un des termes inférieurs de la flore du Gondwana (II, p. 274); une partie des bandes calcaires

1. Spencer St. John, *Observations on the North-West Coast of Borneo* (Journ. R. Geogr. Soc., XXXII, 1862, p. 217 et suiv., carte); O. Stapf, *On the Flora of Mount Kinibalu in North Borneo* (Trans. Linnaean Soc., 2d Ser., Botany, IV, 1894, p. 70-78 : résume toutes les observations relatives à la structure de ce massif montagneux).

2. C. J. van Schelle, *Onderzoek naar Cinnabar en Antimoniumglans in het Bovenstroomgebied der Sikajam-Rivier* (Jaarb. v. h. Mijnwezen in Ned. O.-Indië, XIII, 1884, 1ste ged., p. 123-149, 2 cartes).

3. W. M. Crocker, *Notes on Sarawak and North Borneo* (Proc. R. Geogr. Soc., New Monthly Ser., III, 1881, p. 193-208). La carte de la p. 256 indique déjà cette inflexion vers le Cap Datoe.

4. Voir par exemple D. D. Daly, *Explorations in British North Borneo, 1883-87* (Proc. R. Geogr. Soc., New Monthly Ser., X, 1888, p. 2, 12, 15).

est probablement paléozoïque, mais dans un autre calcaire des bords du Sarawak, R. B. Newton a signalé l'existence d'*Alectryonia amor*, espèce du Jurassique moyen d'Europe. A la bordure externe revient enfin la houille tertiaire de l'île Labuan[1].

C'est cette même chaîne dont Molengraaff a suivi le versant méridional à l'Ouest des sources du Kapoewas, jusqu'au 114° de long. E. et qu'il a nommée *Montagnes du haut Kapoewas*. Les brillants travaux de ce géologue nous révèlent la structure du centre de la grande île.

Le fleuve Kapoewas, plus long que le Rhin, coule de l'Est à l'Ouest ; il naît par 1° de lat. N. et son embouchure se trouve un peu au Sud de l'Équateur. Sa hauteur de chute jusqu'à la mer, depuis Boenoet, à 738 kilomètres du rivage, n'est que de 37 mètres. Boenoet est situé dans la vaste plaine alluviale, très déprimée, du Kapoewas, et au Nord du fleuve s'étalent de grands lacs. C'est au Nord de la plaine et des lacs que se trouve la chaîne précitée. Elle forme un arc de grand rayon, convexe au Sud, qui vient de Berau, à l'E.N.E., atteint 1 767 mètres au Mont Lawit, sur la ligne de partage des eaux du Kapoewas, et forme alors le Tjondong, déjà mentionné (1 242 m.). Au Nord-Ouest des grands lacs (à l'Ouest du 112° de long. E.), la chaîne s'abaisse brusquement ; puis elle se relève, s'infléchit à l'W.N.W., et atteint, comme on l'a vu, le Cap Datoe.

D'après Molengraaff, les montagnes du haut Kapoewas, dans la partie qu'il a visitée (de 112° à 114° de long. E.), sont formées de phyllades lustrés avec filons de quartz. Elles sont coupées au Sud par une longue faille E.-W., qui les sépare de la plaine fluviale (fig. 50). De cette plaine s'élèvent, çà et là, des buttes et des collines allongées qui constituent la « Danau-Formation », ensemble de marnes, de calcaires et de tufs diabasiques, avec bancs jaspoïdes et Radiolaires, d'âge peut-être jurassique d'après Hinde. Ces roches se trouvent très en contre-bas de la chaîne de phyllades, et on les connaît sur une distance de 280 kilomètres. Au Sud, du Cénomanien plissé à *Orbitolina concava* les surmonte.

Sur ce groupe de couches affaissées se greffent, longeant leur bord sud, des montagnes volcaniques plus récentes, auxquelles Molengraaff donne le nom de *Monts Müller*. Au début, par 112° 30′, on voit une série de montagnes andésitiqes isolées qui s'alignent

1. R. Bullen Newton, *On a Jurassic Lamellibranch and some other associated Fossils from the Sarawak River Limestones of Borneo; with a Sketch of the Mesozoic Fauna of the Island* (Geol. Magazine, Dec. 4, vol. IV, 1897, p. 407-415). [Sur les couches éocènes pétrolifères de la côte nord-ouest de Bornéo et leur allure plissée (N.E.-S.W.), voir C. Schmidt, Bull. Soc. Géol. de Fr., 4e sér., I, 1901, p. 266-267.]

FIG. 49. — Carte géologique du bassin supérieur du Kapoewas, d'après Molengraaft, *Geologische Verkenningstochten in Centraal-Borneo*, Atlas, pl. II (feuille 4).

1. Schistes cristallins; 2. Granite; 3. Roches métamorphiques d'âge indéterminé; 4. Schistes anciens; 5. « Danau-Formation »; 6. Terrain crétacé; 7. Roches éruptives diverses; 8. Grès tertiaires; 9. Roches volcaniques; 10. Alluvions; 11. Failles. — AA, Trace de la coupe (fig. 51). Échelle de 1 : 2000 000.

de l'W. à l'E.; puis vient, dans la même direction, une plate-forme de tufs volcaniques horizontaux, atteignant jusqu'à 45 kilomètres de large; ces tufs ont bien 1200 mètres d'épaisseur, et l'on y trouve des troncs d'arbres silicifiés dans leur position naturelle comme on en a découvert, par exemple, au Parc National du Yellowstone. Plus à l'Est encore, on revoit à la place des tufs des montagnes volcaniques formées surtout de roches très acides. Les Monts Müller sont également connus sur 280 kilomètres. On ne connaît pas leur extrémité orientale. Plus à l'Ouest, quelques montagnes d'andésite se dressent au milieu de la plaine du Kapoewas. Il est bien permis de se demander si les volcans andésitiques et aussi pour une faible partie basaltiques qui, bien plus à l'Ouest, surgissent isolés, au

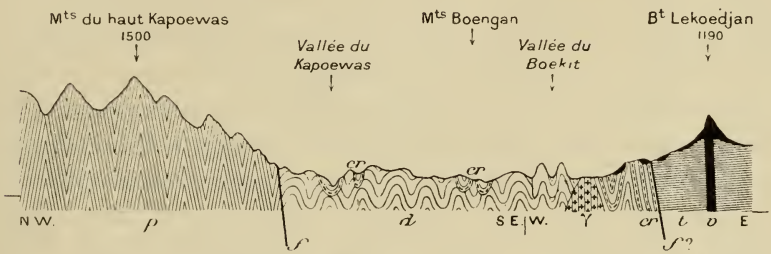


Fig. 50. — Coupe de la Chaîne du Kapoewas aux Monts Müller, d'après Molengraaff, *Geologische Verkenningstochten in Centraal-Borneo*, Atlas, pl. XI (feuille 18), Section CC'.

p Phyllades · *d* « Danau Formation »; *cr* Terrain crétacé; γ Granite; *t* Grès tertiaire; *v* Roches volcaniques; *f* Failles. — Échelle : longueurs 1 : 800 000; hauteurs 1 : 200 000.

N.E. de Bengkajang, ne doivent pas être considérés comme de lointains avant-postes des Monts Müller. De ce nombre, le Melaboe (par environ 0° 50′ de lat. N. et 109° 35′ de long. E.) a été depuis longtemps décrit; les autres se trouvent au Nord-Ouest, par 1° de lat. N.[1].

Cette disposition des affleurements volcaniques suit sensiblement l'allure arquée de la chaîne plissée de phyllades. Au Sud de cette chaîne, les efforts combinés des savants néerlandais ont montré que, dans la large ceinture qui s'étend des Monts Müller vers Bengkajang et qui correspond à la zone affaissée de la « Danau-Formation » et du Cénomanien, il existe en outre des traces de sédiments d'âge différent.

Sur l'une des branches supérieures du Kapoewas, la rivière Boelit (par environ 113° 47′ de long. E.), et au cœur même de la

1. N. Wing Easton, *De vulkanen Sitong en Pando ter Westerafdeeling van Borneo* (Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederl. O.-Indië, XVIII, 1889, wetensch. ged., Verhandelingen, p. 24-51, 2 cartes, 1 pl.).

région des tufs des Monts Müller, Molengraaff a recueilli dans un calcaire foncé des fragments appartenant peut-être au genre *Marginifera* et indiquant un âge paléozoïque supérieur[1]. Bien à l'Ouest de là, entre Loemar et Sepang, au N.N.W. de Bengkajang, Wing Easton a trouvé des Céphalopodes que Krause attribue au Lias[2]. Une traînée de gisements du Jurassique supérieur paraît s'aligner E.-W. ou E.S.E.-W.N.W., des environs de Kendai à Boedoek, au Nord de Bengkajang[3]. Puis vient toute une série de gisements du terrain crétacé, où, d'ailleurs, le Cénomanien et le Sénonien sont seuls représentés jusqu'à présent.

En 1889, à la suite des découvertes de van Schelle, K. Martin annonça le fait inattendu qu'une partie des prétendus « schistes anciens » de l'Ouest de Bornéo était d'âge crétacé. Ces schistes crétacés sont souvent très redressés et s'alignent E.-W. ou S.E.-N.W. à travers les régions précitées de Boedoek et de Sepang. On les a retrouvés au Nord-Est de Bengkajang. En outre, Everwijn a rencontré loin à l'Est, sur le Seberoewang, le Cénomanien à *Orbitolina concava*, déjà signalé, et ce même horizon a été retrouvé par van Schelle sur le Bojan (112° 30′). Le terrain crétacé moyen doit être représenté sur toute la bordure externe de ces traces éparses d'un arc mésozoïque, jusqu'à ce qu'il disparaisse à l'Est sous les épanchements volcaniques des Monts Müller[4].

Au Sud de cette zone affaissée, dans laquelle se trouve comprise,

1. P. G. Krause, *Ueber tertiäre, cretaceische und ältere Ablagerungen aus West-Borneo* (Sammlungen d. Geol. Reichsmus. in Leiden, Ser. I, V, 1897, p. 173 [et Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederl. O.-Ind., XXVIII, 1899, 2de ged., p. 6]).

2. P. G. Krause, *Ueber Lias von Borneo* (Sammlungen d. Geol. Reichsmus. in Leiden, Ser. I, V, 1896, p. 154-168, pl. XI [et Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederl. O.-Ind., XXV, 1896, 1de ged., p. 28-42, 1 pl.]; K. Martin, *Notiz über den Lias von Borneo* (Sammlungen, V, 1898, p. 253-256 [et Jaarb., XXVIII, 1898, wetensch. ged., Verh., p. 33-36]).

3. F. Vogel, *Mollusken aus dem Jura von Borneo* (Sammlungen d. Geol. Reichsmus. in Leiden, Ser. I, V, 1896, p. 127-153, pl. IX, X [et Jaarb. v. h. Mijnwezen, XXV, 1896, 1de ged., p. 1-27, 2 pl.]. Voir aussi Krause, *Ueber Lias von Borneo* (Sammlungen, V, 1896, p. 155 [et Jaarb. p. 29]. Pour la position des gisements, je renvoie à la carte de Molengraaff, Petermanns Mitteil., XLI, 1895, pl. 14, et à l'atlas joint à son ouvrage : *Geologische Verkenningstochten in Centraal-Borneo.*

4. Molengraaff, *Geologische Verkenningstochten in Centraal-Borneo*, p. 463; K. Martin, *Untersuchungen über den Bau von Orbitolina* (*Patellina auct.*) *von Borneo* (Jaarb. v. h. Mijnwezen in Ned. O.-Indië, XVIII, 1889, wetensch. 2de ged., p. 86-108, pl. XXIV-XXV); K. Martin, *Versteinerungen aus der sogenannten alten Schieferformation von West-Borneo* (Sammlungen d. geol. Reichsmus. in Leiden, Ser. I, IV, 1889, p. 198-208, pl. XXII, XXIII [et Jaarb., XVIII, 1889, wetensch. 2de ged., p. 75-84, pl. XXII, XXIII]. P. G. Krause, *Ueber tertiäre, cretaceische und ältere Ablagerungen aus West-Borneo* (Sammlungen, p. 181-187 [Jaarb., p. 13-19]). Une bibliographie déjà considérable se rattache à ces gisements crétacés. Krause signale un fragment se rapportant probablement à *Lytoceras sacya* sur le Seberoewang.

comme nous l'avons vu, de 112° à 114°, la dépression du Kapoewas, commence un régime différent. Des bancs épais, non plissés, de grès tertiaire affleurent et constituent des montagnes en forme de tables. D'après les recherches de Krause, ces grès sont exclusivement d'origine saumâtre [1].

Sur l'Embahoe, affluent de gauche du Kapoewas (112° 20′), il existe de l'Éocène avec *Cyrena borneensis*, espèce qui dans le Sud-Est de Bornéo est associée aux couches de charbon. A l'Est de ce point, entre les méridiens 112° 40′ et 113° 20′, Molengraaff a mené du N. au S., jusqu'à la mer, une coupe traversant toutes les hauteurs situées au Sud des Monts Müller, coupe que nous allons décrire (fig. 51).

Nous nous trouvons sur le bord sud de la plaine du Kapoewas ; un grès tertiaire recouvre le sol ; par-dessus s'élèvent quelques contreforts volcaniques des Monts Müller. Au-dessous du grès, on voit çà et là un peu de Cénomanien plissé, peut-être aussi des traces des roches de Danau, qui renferment des Radiolaires. Puis le grès tertiaire se relève peu à peu vers le Sud en formant une large table. Il est sillonné

1. Molengraaff, *Geologische Verkenningstochten in Centraal-Borneo*, p. 453 ; Krause, *Ueber tertiäre, cretaceische und ältere Ablagerungen ans West-Borneo*, Sammlungen, p. 188-218 [Jaarb., p. 20-50]. Martin a étudié la faune des couches à Cyrènes qui affleurent sur plusieurs points dans le bassin du fleuve Mĕlawi. Ce sont des dépôts d'estuaire. Le Mĕlawi tombe dans le Kapoewas au Nord des Monts Schwaner ; K. Martin, *Die Fauna der Melawigruppe, einer tertiären (cocänen?) Brakwasser-Ablagerung aus dem Innern von Borneo* (Sammlungen d. Geol. Reichsmus. in Leiden, Ser. I, V, 1899, p. 257-324, pl. XV, XVI [et Jaarb. v. h. Mijnwezen, XXVII, 1898, wetensch. ged., Verh., p. 37-95, pl. XV, XVI)].

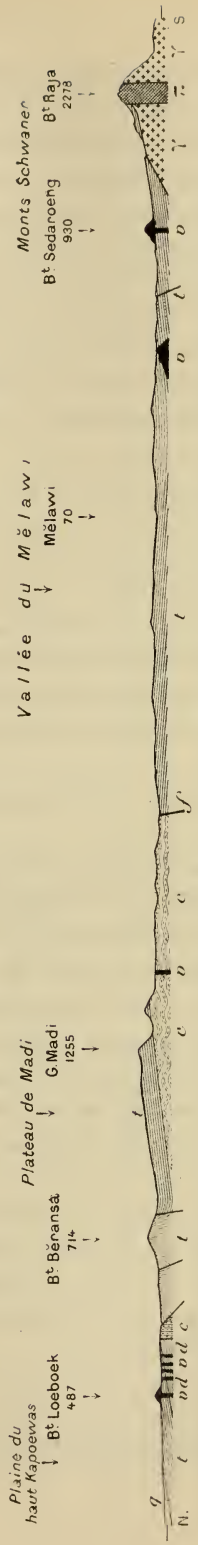


Fig. 51. — Coupe de la plaine du Kapoewas aux Monts Schwaner, d'après Molengraaff (*Geologische Verkenningstochten in Centraal-Borneo*, Atlas, pl. XI a (feuille 18), Section EE′).

γ, Granite ; π, Porphyrite du Raja ; *d*, « Danau-Formation » ; *c*, Terrain crétacé ; *t*, Grès tertiaire ; *g*, Alluvions ; *v*, Andésite, etc.

Échelle des longueurs 1 : 800 000 ; hauteurs 1 : 400 000.

de cassures courant de l'E. à l'W., le long desquelles il devient vertical, pour s'aplanir bientôt après et monter lentement jusqu'à 1138 mètres dans le *Plateau de Madi*. Avant d'atteindre l'Équateur, ce plateau s'abaisse brusquement vers le Sud. Sur l'escarpement méridional, on revoit le terrain crétacé plissé.

C'est là que se trouve le cours supérieur du Mĕlawi. Les sédiments tertiaires peuvent renfermer des Cyrènes à plusieurs niveaux; ils se relèvent encore une fois doucement vers le Sud en une large table, forment les *Monts Schwaner* et sont encore une fois coupés brusquement vers le Sud. Mais cette falaise diffère de la précédente. Du granite en forme le pied méridional; l'escarpement semble d'ailleurs avoir reculé vers le Nord sous l'influence de l'érosion, et a cessé d'être rectiligne. Au point où il s'avance le plus vers le Sud, la cime granitique et porphyrique du *Raja* (2 278 m.) le domine, ainsi que tout le plateau de grès. Tout le territoire situé au Sud du Raja, d'après Molengraaff, doit être regardé comme affaissé; par 1° de lat. S., on retrouve des roches volcaniques récentes, occupant une fosse d'effondrement perpendiculaire au cours du Samba, puis des roches granitiques forment probablement le sous-sol de tout le bas pays qui s'étend jusqu'à la côte (3°15′ de lat. S.).

La coupe de Molengraaff nous apprend, par conséquent, ce qui suit:

Au Nord (jusqu'à 1°15′ de lat. N.), il existe une chaîne de montagnes plissées (Montagnes du haut Kapoewas), dont la direction s'incurve légèrement (elle est E.-W. au passage de la coupe). Au Sud, jusque vers 0°40′ de lat. S. (position du Raja), se voit, à partir de la côte, un avant-pays granitique, masqué plus au Nord par des tables de grès d'âge tertiaire ancien d'origine saumâtre (Monts Schwaner, Plateau de Madi).

Toute la région intermédiaire entre la chaîne de montagnes et l'avant-pays est affaissée suivant des failles longitudinales E.-W. Le bord externe de la chaîne surtout s'est enfoncé très bas (dépression et lacs sur le Kapoewas). Au bord sud de cette profonde dépression se dressait une chaîne de volcans (Monts Müller), mais les failles E.-W. se prolongent également vers le Sud, dans l'avant-pays, et le Raja est peut-être un horst surgissant au milieu de ce territoire.

Or, autant que j'ai pu m'en rendre compte, cet avant-pays granitique, s'élevant parfois à des hauteurs considérables et recouvert çà et là de lambeaux tertiaires ou d'alluvions aurifères, acquiert

une grande étendue. Molengraaff relève l'analogie avec le granite de Soekadana dans le district de Matan, près de la côte ouest (1° de lat. S.). De fait, cette roche doit former tout le Sud-Ouest de Bornéo, et au Sud, comme le montre l'ancienne carte de Gaffron, entourer toute la plaine qui occupe la côte méridionale de Bornéo jusqu'au delà de Bandjermassin et, en s'avançant au loin vers le Nord, dans la vallée du Barito, englobe la dépression de Bekoempai. Personne ne peut dire ce que les découvertes futures nous réservent; actuellement, il semble que tout le territoire compris entre les Monts Schwaner et le Cap Sambar au Sud-Ouest représente un môle archéen, séparant les faisceaux de plis de la même manière à peu près que le massif du Cambodge.

L'archipel *Natoena*, à l'Ouest de Bornéo, paraît également constitué surtout par du granite [1].

A cet exposé des résultats acquis dans le centre de Bornéo, il y a lieu d'ajouter encore deux observations.

Molengraaff a trouvé sur les pentes des Monts du haut Kapoewas, à la surface des phyllades, des cailloux roulés d'un calcaire noir dans lequel B. Newton et Holland ont constaté la présence de *Discocyclina :* c'est le premier indice d'une submersion marine qui, d'après les idées actuelles, doit être postérieure aux couches à Cyrènes des montagnes tabulaires [2].

En second lieu, que l'on s'imagine Bornéo réduit à l'état dans lequel se trouvent aujourd'hui d'autres parties de l'archipel de la Sonde, c'est-à-dire submergé jusqu'à une grande hauteur : si les volcans des Monts Müller étaient en activité, leur emplacement n'indiquerait pas celui de la Cordillère (Montagnes du haut Kapoewas), mais seulement le tracé de la fracture bordière. —

Le *Sud-Est* de Bornéo possède une structure différente de celle des portions de la grande île que nous venons d'étudier. Commençons l'examen de cette région par l'extrême Sud-Est, en nous appuyant sur les travaux détaillés de Hooze (fig. 52) [3].

1. P. G. Krause, *Verzeichniss einer Sammlung von Mineralien und Gesteinen aus Bunguran (Gross-Natuna) und Sededap im Natuna-Archipel* (Sammlungen d. geol. Reichsmus. in Leiden, Ser. I, V, 1898, p. 221-236) [et Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederl. O.-Ind., XXVIII, 1898, wetensch. ged., Verhand., p. 1-16].

2. R. Bullen Newton and R. Holland, *On some Tertiary Foraminifera from Borneo collected by Prof.* Molengraaff *and the late Mr.* A. H. Everet, *and their comparison with similar Forms from Sumatra.* (Annals and Magazine of Nat. Hist., 7th Ser., III, 1899, p. 245-264, pl. IX, X). On trouvera dans ce mémoire l'énumération détaillée des travaux antérieurs sur ce sujet.

3. J. A. Hooze, *Onderzoek naar kolen in de Straat Laut en aangrenzende landstreken* (Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederl. O.-Ind., XVII, 1888, techn. en administr.

La petite île *Seboekoet* (116° 23′ de long. E.), qui s'allonge du N. au S., consiste à l'Est en une bande étroite et abrupte de serpentine et de diabase, orientée N.-S. A son pied ouest, cette bande est

Fig. 52. — Détroits de Laut et de Djohor, d'après J. A. Hooze (Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederl. O.-Ind., XVII, 1888).

1. Serpentine; 2. Diabase; 3. Grès et lignites (Nummulitique); 4. Marnes (d°); 5. Miocène, Pliocène et graviers pleistocènes; 6. Parties non étudiées. 7. Alluvions. — Echelle de 1 : 750 000.

bordée d'un mince liséré de sédiments éocènes inférieurs contenant des couches de houille; le centre et l'Ouest de l'île sont occupés par des plaines, jusqu'au détroit de Djohor.

2de ged. p. 337-429, 2 cartes), et *Nadere gegevens betreffende enkele kolenterreinen in Koetei* (Ibid., XVII, 1888, p. 325-336, 2 cartes).

Dans la partie septentrionale de ce détroit s'élève un récif de diabase, Poeloe Manti. Au delà du détroit de Djohor, l'île Laut, beaucoup plus grande, est traversée dans toute sa longueur, du Sud au Nord. par une chaîne importante, les Monts Sebetoeng, formés de diabase, et à l'Ouest de serpentine. Dans le Nord de l'île, où la direction tourne au N.N.E., la serpentine disparaît, et un second liséré de couches charbonneuses éocènes se montre à l'Ouest des montagnes; les bancs plongent fortement vers l'W. et s'enfoncent sous le détroit de Laut. Sur l'île Soewangi, située au milieu de ce détroit (3° 25′ de lat. S.), le flanc opposé du même pli creux revient au jour, incliné en sens inverse, et à l'Ouest on voit de nouveau de la serpentine.

La partie septentrionale du détroit de Laut occupe par conséquent un synclinal éocène, bordé de serpentine des deux côtés et se dirigeant N.N.E. Dans le prolongement de cette direction, les couches éocènes reparaissent au Cap Dewa et aux îles Nangka, qui l'avoisinent; là, elles sont horizontales, et peut-être appartiennent-elles à la partie médiane du pli.

Plus loin encore, au Cap Batoe (3° de lat. S.), surgit une nouvelle chaîne allongée et étroite de serpentine et de diabase, qui limite la baie de Kloempang. Ce doit être le prolongement de la serpentine de l'île Soewangi, c'est-à-dire de la bordure occidentale de la cuvette éocène. Cette chaîne est accompagnée de même, à droite et à gauche, par des dépôts éocènes. Elle s'aligne au N.N.E., le long de la côte, et vient se terminer dans la baie de Pamoekan (2° 33′ de lat. S.); son extrémité, faite de diabase, est enveloppée des deux côtés par des couches éocènes fortement redressées. Sur le versant occidental de cette chaîne, il se produit même un renversement, et les couches dépassent la verticale[1].

Dans cette partie de Bornéo, il existe donc trois coulisses de roches éruptives, séparées par des cuvettes de Tertiaire ancien. Ce sont : 1° l'Est de l'île Seboekoet; 2° l'île Laut; 3° l'Ouest de l'île Soewangi, dans le prolongement de laquelle paraît située la chaîne Kloempang-Pamoekan. La première de ces coulisses affecte la direction N.-S.; les deux autres s'alignent N.N.E.

De la pointe sud de Bornéo jusqu'à un peu au delà du 4° de lat. S., des récifs isolés de gabbro, de porphyrite diabasique et de serpentine pointent au voisinage de la côte occidentale. D'après Ver-

1. J. A. Hooze, *Kolen an de Oostkust van Borneo van de St. Lucia- tot an de Pamoekan-baai* (Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederl. O.-Indië, XVII, 1888, techn. en administr. 2de ged., p. 431-470, 3 cartes).

beek, ces roches sont d'âge crétacé. Au Cap Dewa, un peu au Sud du 4° de lat. S., surgit une chaîne de hauteurs, le Goenong Bira (376 m.), dont la constitution est identique. Des rangées de collines analogues se succèdent, et enfin paraît un massif montagneux continu s'orientant au N.E. La porphyrite diabasique cesse de jouer un rôle, et cette chaîne consiste en deux longues croupes de serpentine, les *Monts Bobaris* et les *Monts Meratoes*, beaucoup plus importants. Ces deux croupes sont reliées par un territoire moins élevé, où règnent des micaschistes, des schistes chloriteux et des quartzites schisteux dans lesquels s'intercalent quelques traînées ds serpentine. A la croupe du Nord-Ouest (Bobaris) s'adosse dans cette direction une bande assez large de conglomérats, de grès et de schistes qui contiennent des fossiles du Crétacé supérieur; cette série est surmontée à son tour, plus au N.W., par des couches de charbon appartenant à l'Éocène inférieur, et par les marnes et calcaires à Nummulites de l'Éocène moyen. La carte géologique du district de Martapoera, par Hooze (fig. 53), montre cette succession régulière et l'orientation de tous ces accidents vers le N.E.[1].

Le contraste par rapport aux coulisses mentionnées jusqu'ici réside dans l'apparition, entre les deux croupes de serpentine, de schistes peut-être archéens, dans la présence du terrain crétacé et dans le changement de direction. Mais les anciens travaux de Verbeek nous apprennent qu'un peu plus au Nord, les schistes anciens disparaissent, les deux croupes de serpentine se réunissant sous le nom unique de Monts Meratoes; en même temps cette chaîne s'infléchit au N.N.E. et elle finit par s'aligner presque exactement N.-S.[2]. C'est ce qu'on constate à partir de la Baie de Kloempang, (3° de lat. S.), où une bande calcaire, les Monts de Bangkalaän probablement formés par le calcaire nummulitique, précède ces montagnes à l'Est. En se prolongeant vers le Nord, dans l'intérieur des terres, la chaîne forme la limite des petits sultanats de la côte

1. J. A. Hooze, *Topographische, geologische, mineralogische en mijnbouwkundige Beschrijving van een gedeelte der afdeeling Martapoera* (Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederl. O.-Indië, XXII, 1893, p. 1-431, 6 pl. Atlas de 14 pl.); K. Martin, *Ueber das Vorkommen einer Rudisten führenden Kreideformation im südostlichen Borneo* (Sammlungen d. geol. Reichsmus. in Leiden, Ser. I, IV, 1888, p. 117-125, pl. XIII, XIV [et Jaarb., XVII, 1888, wetensch. ged., p. 72-80, 2 pl.]; et *Die Fauna der Kreideformation von Martapoera* (Sammlungen, Ser. I, IX, 1889, p. 126-197, pl. XV-XXI [et Jaarb., XVIII, 1889, wetensch. ged., p. 3-74, pl. XV-XXI]).

2. R. D. M. Verbeek, *Geologische Beschrijving der Distrikten Riam-Kiwa en Kanan in de Zuider- en Ooster-Afdeeling van Borneo* (Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederl. O.-Indië, IV, 1875, 1ste deel, p. 1-130, 2 pl., 2 cartes); voir notamment la carte d'ensemble, pl. I.

orientale; dans la Baie d'Adang, les rivières charrient de la serpentine, et aussi des micaschistes et des quartzites. Même sur le cours inférieur du Koetai (0° 35′ de lat. S.), Hooze a encore rencontré un

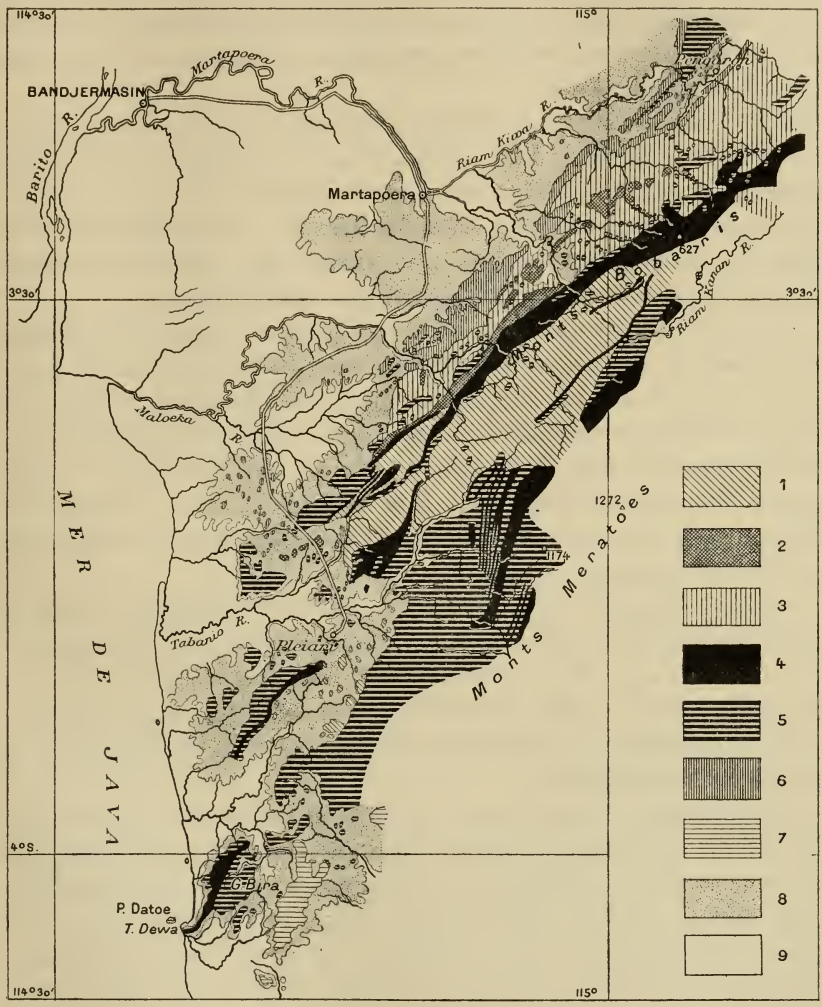


Fig. 53. — Carte géologique d'une partie du district de Martapoera (Bornéo), d'après J. A. Hooze (Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederl. O.-Ind., XXII, 1893, Atlas, carte n° 11).

1. Schistes cristallins; 2. Couches du Waringin; 3. Terrain crétacé; 4. Serpentine; 5. Gabbro, Diorite, etc.; 6. Terrain éocène; 7. Terrain pliocène; 8. Dépôts quaternaires; 9. Alluvions. — Echelle de 1 : 750 000.

grès miocène inférieur, dessinant des plis abrupts qui traversent le fleuve du N. au S.[1]. D'après toutes les probabilités, le prolon-

1. J. A. Hooze, *Kolen an de Oostkust van Borneo van de St. Lucia- tot an de Pamoekan-Baai*, p. 439, 445, 447; et *Onderzoek naar Kolen in de Straat Laut*, p. 400.

gement des Monts Meratoes et la direction méridienne arrivent jusqu'au voisinage de l'Équateur.

Il résulte donc des recherches de Hooze et de Verbeek qu'aux coulisses précédemment énumérées viennent s'ajouter : 4° la chaîne allongée des Monts Meratoes; et 5° celle des Monts Bobaris. Ces deux chaînes ont une tendance très marquée à s'infléchir au S.W. dans leur partie méridionale.

Mais l'ensemble de ces coulisses converge vers le Nord et forme une grande virgation dont les branches, semblables entre elles, dessinent au Sud de Bandjermassin une inflexion de même sens que celle de la chaîne plissée du Nord de Bornéo, — les Monts du haut Kapoewas de Molengraaff, — cette chaîne qui, par delà le massif archéen du Sud-Ouest, court du Kinibalu au Cap Datoe.

Il semble bien se produire une convergence générale de toutes les chaînes de montagnes de Bornéo vers le N. ou le N.N.E., mais les observations dont je dispose ne me permettent pas de dire comment les coulisses du Sud-Est, et en particulier les Monts Meratoes, se prolongent au delà de la croupe élevée qui, d'après les cartes, s'étend du centre de l'île dans la direction du S.E. jusqu'au Cap Mangkalihat. Au Nord de ces montagnes, les données sont également très maigres.

Au Cap Tinagat (4°13′ de lat. N., 117°59′ de long. E.), dans la Baie de Sainte-Lucie, qui marque la limite septentrionale des possessions hollandaises, Hooze a trouvé une roche que Retgers compare à une porphyrite à hornblende de Pengaron, dans les Monts Bobaris[1].

Au voisinage de l'embouchure du Siboekoe, Lehnert signale un granite à gros éléments[2].

Malgré cette énorme lacune, l'emboîtement dans la virgation des Philippines et l'analogie des coulisses du Sud-Est de Bornéo avec certaines parties des Philippines sont manifestes. C'est sur du gabbro, de la diabase ou de la diorite que repose, aux Philippines, en un grand nombre de localités, le calcaire nummulitique, qui là aussi entoure des cordillères longues et étroites. Là encore se montre de la houille tertiaire, bien que peut-être postérieure à l'Éocène; mais à Bornéo également, il y a du charbon à des niveaux plus élevés du Tertiaire. Si l'on fait abstraction du volcan de l'île Negros, l'on y

1. J. W. Retgers, *Mikroskopische Beschrijving van Gesteenten afkomstig van de Oostkust van Borneo, verzameld door* J. A. Hooze (Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederl. O.-Indië, XXIV, 1895, wetensch. ged., p. 81).

2. J. Lehnert, *Um die Erde; Erdumseglung S. M. Corvette « Erz Friedrich »*, in-8°, Wien, 1878, p. 819; Tob. Frhr. v. Oesterreicher dit: « ein granitischer Erdreich » (Mitteil. k. k. Geogr. Ges. Wien, XIX, 1876, p. 217).

voit, comme dans l'île voisine de Cebú, une chaîne de roches volcaniques anciennes, qualifiées de diorite, puis, du moins à Cebú, du calcaire nummulitique (II, p. 282), et par-dessus des couches de houille; et Centeno a déjà fait remarquer que dans ces deux îles, Negros et Cebú, les bancs s'inclinent de part et d'autre, comme si le détroit de Tañon, qui les sépare, occupait l'axe de ce bassin houiller.

C'est la répétition de ce que nous venons de constater à 13 ou 14 degrés de latitude plus au Sud, dans le détroit de Laut. Dans les deux cas, l'orientation de ces bras de mer est N.N.E.[1].

14. Célèbes. — *Célèbes* est encore, dans beaucoup de ses parties, complètement inconnue; mais les résultats des recherches faites jusqu'à ce jour permettent dès maintenant de reconnaître que cette grande île doit sa forme « chiragratique », exactement comme la péninsule de Chalcidique, à la juxtaposition d'un certain nombre de tronçons hétérogènes[2].

Le premier tronçon correspond à la pointe du Nord-Est, *Minahassa*. Il est formé par une multitude de volcans juxtaposés et fait partie de la zone volcanique qui, du Sud-Est de Luçon, se poursuit à travers Mindanao et les îles Sangi (ou Sanguir)[3]. Au Nord sont situés, entre autres, le Batu-Angus, le Klabat, etc. Le lac de Tondano (de 1° 10′ à 1° 17′ de lat. N.), d'après Wichmann et Bücking, est entouré à l'Ouest de volcans, et à l'Est d'une croupe andésitique,

1. J. Centeno dit en parlant des couches de combustible de ces îles « qu'elles forment toutes partie d'un même bassin qui, apparaissant sur le versant occidental de Cebú et sur le versant oriental de Negros, passe sous le détroit de Tañon, qui sépare les deux îles » (*Memoria geológico-minera de las Islas Filipinas,* Bol. Com. del Mapa geol. de España, III, 1876, p. 211). « Cette formation houillère (de Poeloe Laut), écrit de son côté Hooze, se prolonge sous la mer... apparaissant à la surface à l'Est et au Sud de Soewangi, près de Tandjong Dewa, aux îles Nangka, etc. » (*Onderzoek naar kolen in de Straat Laut,* p. 423). — L'âge plus récent des bassins houillers de Cebú ressort aussi de ce fait que Martin y signale une espèce caractéristique du Miocène supérieur de Java, *Vicarya callosa;* K. Martin, *Ueber tertiäre Fossilien von den Philippinen* (Sammlungen d. Geol. Reichsmus. in Leiden, V, 1895, p. 59, 66 [trad. anglaise à la suite du mém. de G. F. Becker, *Report on the Geology of the Philippine Islands* (21st Ann. Rep. U. S. Geol. Survey, 1899-1900, pt. III, 1901, p. 487-625, pl. XLVI-XLVIII]).

[2. Voir le grand ouvrage de P. und F. Sarasin, *Materialien zur Naturgeschichte der Insel Celebes*, gr. in-8°, Wiesbaden : Bd. III. *Ueber die geologische Geschichte der Insel Celebes auf Grund der Thierverbreitung*, VI-169 p., 15 pl. contenant 45 cartes, 1901 ; Bd. IV. *Entwurf einer geographisch-geologischen Beschreibung der Insel Celebes*, XI-372 p., 11 pl., 3 cartes, dont 1 carte orographique de l'île, 1901 (avec Appendice pétrographique par C. Schmidt) ; voir aussi le résumé de F. Sarasin, *Ueber die geologische Geschichte des Malayischen Archipels auf Grund der Thierverbreitung* (Verhandl. Schweizer. Naturf. Ges., 83. Jahresversamlg., Thusis (1900), p. 69-85).]

3. L. Hoeke décrit l'état du volcan de Sangi dans sa note : *Verslag omtrent eene Reis naar den Vulkaan Awoe op het eiland Groot-Sangi* (Natuurk. Tijdschr. v. Nederl.-Indië, Batavia, LIII, 1893, p. 162-171).

les Monts de Lembean[1]. Vers le Sud viennent de nouveaux volcans et aussi, d'après Martin, un lambeau de calcaire à Orbitoïdes du Tertiaire moyen.

D'après les observations des frères Sarasin, la région volcanique se termine à une ligne de dépression courant en biais à travers la presqu'île, et coïncidant en grande partie avec la vallée de la rivière Dumoga; cette ligne coupe la côte nord un peu à l'Est du 124° et la côte sud un peu à l'Ouest du même méridien. Mais déjà au Nord de la table basaltique du Mongondo, qui indique l'extrémité S. W. de la région volcanique, on a trouvé sur un point, près de Kottabangan, des schistes argileux (plongement à peu près N.E.).

Les îles Togean et Una-Una, dans le Golfe de Tomini, sont considérées par plusieurs observateurs comme des volcans, situés dans le prolongement de Minahassa; d'après une indication des frères Sarasin, le Cap Api, sur la côte méridionale du même golfe, doit également supporter un petit sommet volcanique, qui appartiendrait, lui aussi, à cette zone[2].

Le tronçon suivant de Célèbes, *Gorontalo*, est formé d'une bande de terrains archéens s'allongeant de l'E. à l'W. A l'Est, les Monts Bone (1 400 à 1 500 m.) en font partie : on y trouve, d'après Sarasin, un granite clair avec une enveloppe de gneiss; au Nord de ce massif vient la chaîne Huntuk-Buludawa[3]. A celle-ci se rattache, au Nord de la péninsule, une longue bande granitique E.-W., séparée par une dépression d'une autre bande granitique à peu près parallèle, moins haute et plus courte, au Sud. La bande septentrionale est cou-

1. P. und F. Sarasin, *Reiseberichte aus Celebes, I* (Zeitschr. Ges. für Erdkunde, Berlin, XXIX, 1894, p. 351-401, pl. 13: carte; voir en particulier p. 361, 400). Quelques-uns des volcans de Minahassa ont été également décrits par W. Kükenthal, *Ergebnisse einer zoologischen Forschungsreise in den Molukken und Borneo* (Abhandl. Senckenbergischen Naturf. Ges., Frankfurt a. M., XXII, 1896, p. 235 et suiv.). [Voir une carte dans Sarasin, ouvr. cité, Bd. IV, pl XI]. H. Bücking donne une petite carte géologique du Nord de Célèbes dans ses *Beiträge zur Geologie von Celebes* (Petermanns Mitteil., XLV, 1899, p. 249-260, 273-280, pl. 16). Voir aussi A. Wichmann, *Die Binnenseen von Celebes* (Petermanns Mitteil., XXXIX, 1893, p. 227-231, pl. 16 : carte); F. Rinne, *Skizzen zur Geologie der Minahassa in Nord-Celebes* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., LII, 1900, p. 327-347, pl. XII-XIII : carte) [et M. Koperberg, *Verslag omtrent de gedurende het jaar 1899 ni de residentie Menado gedreven geologisch-mijnbouwkundige onderzoekingen en mijnontginning* (Jaarb. v. h. Mijnw. in Nederl. O. Ind., XXXI, 1900, p. 30-50, 3 cartes géol.); voir aussi XXX, 1901, p. 115-121].

2. P. und F. Sarasin, *Reiseberichte aus Celebes, III* (Zeitschr. Ges. für Erdkunde, Berlin, XXX, 1895, p. 350, 352). Le Cap Api s'appelle aussi Cap du Feu, mais ce nom proviendrait de ce que l'on y voit des gaz inflammables s'échapper du sol.

3. P. und F. Sarasin, *Reiseberichte aus Celebes, I* (Zeitschr. Ges. für Erdkunde, Berlin, XXIX, 1894, p. 376, 392, 393). Bücking met en doute qu'il y existe du gneiss.

pée très brusquement du côté du Nord; van Schelle et Wichmann sont d'accord pour considérer la chaîne granitique de Gorontalo comme un horst. D'après Wichmann, la vallée comprise entre les deux bandes saillantes serait une fosse d'affaissement[1]. A Sumalata (122° 30′), d'après Bücking, les filons métallifères sont encaissés dans une brèche éruptive à gros éléments que ce savant qualifie de porphyrite. On y signale de la diorite.

M. l'ingénieur des mines Hundeshagen a bien voulu me faire connaître que les filons métallifères du Nord de Célèbes se présentent dans une roche qu'il considère comme une diorite et qui englobe d'assez gros fragments de schiste argileux. La direction de ces gîtes, à l'Ouest de Palell, dans le royaume de Bwool, est N.N.E. ou N.E. A l'angle nord-ouest de Célèbes, de 1 à 8 kilomètres de Tontoli et près de la côte, Hundeshagen a vu des schistes anciens rouges et verts recoupés par du granite, et si fortement plissés et faillés qu'il était impossible d'en déterminer la direction générale. En deux ou trois points, cette direction paraissait être N.-S. Au Stroomen Cap, sur la côte sud jusqu'à Sitjello et encore bien au delà du Cap Dampelas, le granite prédomine. Les volcans manquent[2].

Les hautes montagnes situées à l'endroit où la presqu'île se recourbe vers le S.W. et le S. et qui bordent le Golfe de Tomini au Nord-Ouest n'ont pas été explorées.

Au fond du golfe, sous l'Équateur, une dépression profonde court à travers Célèbes et sépare les montagnes du Nord de celles du Sud.

Sous le parallèle de 0° 45′ de lat. S., Célèbes a été traversée par Wichmann; à cette latitude, on trouve à l'Ouest une bordure de grès et de conglomérat, puis du gneiss et un peu de granite jusqu'à la côte orientale[3].

Ce massif fait probablement partie des cordillères que les frères Sarasin ont suivies très loin au Sud-Est, à partir de l'extrémité S.W. du Golfe de Tomini[4]. Plusieurs chaînes parallèles de micaschistes

1. C. J. van Schelle, *Opmerkingen over de Geologie van een gedeelte der Afdeeling Gorontalo* (Jaarb. v. h. Mijnwezen in Ned. O.-Indië, XVIII, 1889, wetensch. 2de ged., p. 115-158, cartes); G. W. W. C. Baron van Hoëvell, *De Assistent-Residentie Gorontalo* (Tijdschr. K. Nederl. Aardrijksk. Gen. Leiden, 2. Ser., VIII, 1891, p. 26-43, carte I), et *Bijschrift bij de kaart der Tomini-Bocht* (Ibid , 2. Ser., X, 1893, p. 64-72, carte II); Wichmann, Petermanns Mitteil., XXXIX, 1893, p. 255-258, pl. 16 : carte du lac de Limbotto.

2. Les schistes rouges sont signalés par les frères Sarasin dans la chaîne de l'Oleïdu, dont l'altitude est de 1137 mètres; P. und F. Sarasin, *Reiseberichte aus Celebes, II* (Zeitschr. Ges. für Erdkunde, Berlin, XXX, 1895, p. 226-234, pl. 10 : carte).

3. A. Wichmann, *Bericht über eine Reise nach dem Indischen Archipel, I* (Tijdschr. K. Nederl. Aardrijksk. Gen., 2. Ser., VII, 1890, p. 985-993, pl. XII : carte).

4. P. und F. Sarasin, *Reiseberichte aus Celebes, III* (Zeitschr. Ges. für Erdkunde,

et de quartzites, quelquefois de diabase et de serpentine, s'orientent vers le Sud depuis l'extrémité de ce golfe, puis tournent au S.S.E. en dessinant un escarpement qui longe la rive orientale du lac Posso. Ce lac a plus de 300 mètres de profondeur et doit être regardé comme jalonnant un accident tectonique.

Toute la chaîne tourne alors au S.E. et à l'E.S.E.; la ligne du lac Posso est donc comprise dans le faisceau des chaînons parallèles et dans son prolongement, à l'altitude de 400 mètres, se trouve le lac Matanna, dont la profondeur atteint 480 mètres et dont le lit descend par conséquent au-dessous du niveau de la mer.

Ces chaînons, après avoir pénétré dans la presqu'île sud-est de Célèbes, dévient rapidement de l'E.S.E. au S.W.; la ligne de dépression change également de direction, et là, au Nord et au Sud du 3° de lat. S., son tracé croise le lac Towuti, le plus grand des lacs de Célèbes. Les frères Sarasin appellent cette série de grands lacs le « Seengraben ». Il est probable que les chaînes de montagnes continuent à suivre la direction S.W. ou S.S.W. dans la presqu'île du Sud-Est.

Ces mêmes bandes atteignent l'extrémité septentrionale du Golfe de Boni. Ensuite vient, dans la partie nord-est de la presqu'île méridionale, le massif montagneux du *Latimodjong*, qui se dirige au S.E. et dépasse 3 000 mètres.

Au reste, la presqu'île méridionale possède une structure essentiellement différente. Déjà entre 3° 15′ et 3° 45′ de lat. S., les frères Sarasin n'ont trouvé, entre les Monts Latimodjong et la côte ouest, que des dépôts tertiaires. Ce sont des argiles grises à coquilles saumâtres ou d'eau douce et plantes terrestres, recouvertes de calcaires blancs. Toute la série est plissée suivant la direction E.-W.; les calcaires, qui occupent les synclinaux, peuvent dépasser 1 000 mètres. Au rocher de Loko, un pointement volcanique tertiaire se présente au milieu de ces dépôts[1]. Comme des terrains tertiaires analogues s'étendent du lac Posso jusqu'au Golfe de Tomaiki et que, d'après Wichmann, le promontoire à l'Ouest de la Baie de Palos paraît également constitué par une roche éruptive tertiaire et des sédiments tertiaires, il est probable que des dépôts tertiaires recouvrent comme d'un manteau la plus grande partie de ces cordillères.

Berlin, XXX, 1895, p. 311-352, pl. 15 : carte), et IV : *Durchquerung der südlichen Halbinsel* (Ibid., XXXI, 1896, p. 21-49, pl. 2 : carte).

1. P. und F. Sarasin, *Reiseberichte aus Celebes, IV* (Zeitschr. Ges. für Erdkunde, Berlin, XXXI, 1896, p. 30, pl. 2 : carte).

Mais poursuivons l'examen de la presqu'île méridionale. A une faible hauteur au-dessus de la mer, on y trouve les lacs de Sidereng et de Tempé. Le sol se relève vers le Sud; nous connaissons sa structure par les travaux de Wichmann[1].

Le large massif isolé du Latimodjong (3° 45′ de lat. S,), qui s'élève au Nord des lacs et dont nous avons déjà parlé, est peut-être un volcan. Vers le Sud s'étendent deux chaînes, séparées par une vallée longitudinale : la chaîne de l'Ouest, située du côté du détroit de Makassar, est de beaucoup la plus importante, et atteint 1 000 mètres. Elle consiste en roches basaltiques, andésitiques, et aussi leucitiques, et en dépôts tertiaires. La chaîne de l'Est est formée de couches tertiaires récentes. Le tout est plissé suivant la direction N.-S., devenant N. 60° W. vers l'extrémité sud-est.

Le Golfe de Boni est regardé comme résultant d'un effondrement. Au Sud, les deux chaînes sont rattachées l'une à l'autre par le grand massif volcanique du *Bantaeng* (Lompo-Battang, 3 057 m.), qui ferme ainsi la vallée longitudinale[2]. Les terrains archéens ne sont connus qu'à l'état de cailloux roulés dans l'une des vallées fluviales.

L'île allongée de *Saleijer*, au Sud de Célèbes, consiste dans sa partie orientale, qui est élevée et s'incline vers l'E. d'une pente rapide, en roches volcaniques, dans l'Ouest en dépôts marins récents[1].

Le Sud de la presqu'île sud-est de Célèbes m'est inconnu. Dans la presqu'île de l'Est, entre les golfes de Tomaiki et de Tomini, où se trouve la haute chaîne du Tokalla, Verbeek signale sur un grand nombre de points de la diabase, de la péridotite et d'autres roches basiques.

On ne peut dire de quelle façon la chaîne des îles orientées de l'E. à l'W. (Obi, Taliabo, etc.) se prolonge à Célèbes. Sans perdre de vue cette grande lacune de nos connaissances, les remarques suivantes sont seules permises aujourd'hui :

A Célèbes se montrent de longues bandes de terrains anciens, en partie entourées de couches tertiaires plissées. Les mieux connues de ces bandes sont : le tronçon orienté de l'Est à l'Ouest de Goron-

1. A. Wichmann, *Celebes* (Tijdschr. K. Nederl. Aardrijksk. Gen., 2. Ser., VII, 1890, p. 921-982, pl. XII : carte), et Petermanns Mitteil., XXXIX, 1893, p. 278-282; voir aussi son mémoire *Leucitgestein von der Insel Celebes* (Natuurk. Tijdschr. voor Ned. Indië, Batavia, LIII, 1893, p. 315-331, 1 pl.), et un article de J. W. Retgers, Jaarb. v. h. Mijnwezen in Nederl. O.-Indië, XXIV, 1895, wetensch. ged., p. 124 et suiv.

[2. Pour une carte de ce massif, voir P. u. F. Sarasin, *Materialien zur Naturgeschichte der Insel Celebes*, Bd. IV, 1901, pl. XII.]

3. A. Wichmann, *Zur Geologie der Insel Saleijer* (Natuurk. Tijdschr. voor Ned.-Indië, LIV, 1895, p. 236-268, carte dans le texte, p. 267).

talo, que l'on considère comme un horst; puis la région nord-ouest de l'île, où règne la direction N.N.E et N.E.; enfin le groupe de chaînes parallèles qui, de la Baie de Palos, courent à travers le centre de Célèbes et la presqu'île du Sud-Est, en changeant plusieurs fois de direction et en encadrant le « fossé des lacs ». Minahassa est de formation volcanique récente, et fait partie de la zone de Sangi. Toute la presqu'île méridionale est volcanique et tertiaire. La presqu'île du Nord-Est est caractérisée par des roches éruptives basiques[1].

En terminant, signalons une particularité qui concerne les roches à leucite. La longue liste des 121 volcans de Java et des îles voisines qu'ont publiée Verbeek et Fennema débute par cinq volcans qui, séparés des autres géographiquement, s'en distinguent aussi par le fait qu'ils ont seuls fourni jusqu'à présent des roches à leucite. Au point de vue de leur âge relatif, ils remontent certainement à l'époque tertiaire, bien que les éruptions de certains d'entre eux aient peut-être recommencé plus tard. Ils forment une série légèrement incurvée, commençant au Nord-Ouest à Bawean, île située au Nord de Java, et se prolongeant jusqu'à la côte nord-est de Java, au Sud de l'île Madoera. Le plus oriental de ces volcans, à l'extrémité N.E. de Java, est le Ringguit, qui possède un cratère de 10 kilomètres et demi de diamètre, le plus grand de Java[2].

A ce segment d'arc leucitique paraissent se rattacher les roches à leucite, également tertiaires, que Wichmann a rencontrées dans le Sud-Ouest de Célèbes, comme s'il existait un arc leucitique, d'ailleurs interrompu. Mais, d'un jour à l'autre, la découverte de nouveaux gisements peut nous apprendre que cette hypothèse ne repose que sur l'imperfection de nos connaissances.

15. Halmahera. — Les notions que l'on possède sur la structure de cette île reposent, en dehors de la description orographique de Campen, sur les renseignements donnés par Verbeek. En outre Kükenthal a publié des observations relatives surtout au Nord, et Retgers a décrit des échantillons de roches provenant de diverses parties de Halmahera[3].

Verbeek distingue plusieurs lignes volcaniques (fig. 54); elles

[1. Pour un essai de carte tectonique de Célèbes, voir P. und F. Sarasin, ouvr. cité, IV, p. 299, fig. 17 : *Schematischer Entwurf der Streichungslinien von Celebes.*]

2. Verbeek et Fennema, *Description géologique de Java et Madoura*, II, p. 994.

3. C. F. H. Campen, *Het Eiland Halemahera* (Tijdschr. voor indische Taal-, Land- en Volkenkunde, Batavia, XXVIII, 1883, p. 240-313, en particulier p. 247). D'après Campen, l'orthographe *Halmaheira* est défectueuse. W. Kükenthal, *Ergebnisse einer zoolo-*

appartiennent presque exclusivement au côté occidental de l'île et leur tracé, bien que s'incurvant, est dans l'ensemble parallèle au méridien. Les volcans anciens consistent en andésite à hornblende et en andésite micacée, plus rarement en andésite pyroxénique ou ne basalte. Dans un très grand nombre de cas, les cratères ont disparu. Un de ces alignements anciens commence à l'Ouest de l'ex-

1 2 3

Fig. 54. — Alignements volcaniques des Moluques, d'après Verbeek (*Vorloopig Verslag over eene Geologische Reis door het Indischen Archipel*, in-8°, Batavia, 1900).

1. Roches éruptives anciennes (probablement en grande partie crétacées); 2. Roches volcaniques anciennes (principalement tertiaires); 3. Roches volcaniques récentes (quaternaires et modernes). — Échelle de 1 : 7 500 000.

trémité septentrionale de Halmahera, aux îles Loloda du Nord, se poursuit au large de la côte occidentale en s'infléchissant légèrement par les îles Loloda du Sud, touche alors Halmahera, coïncide peut-être sur une certaine longueur avec la ligne des volcans actifs bordant la côte occidentale, dont il sera question tout à l'heure, et se prolonge par Kajoa, à l'Ouest du détroit de la Patience, jusqu'à

gischen Forschungsreise in den Molukken, etc., en particulier p. 81 et suiv. : carte de Halmahera, et p. 212 : carte de Batjan et Kasiroeta. J. W. Retgers, *Mikroskopische Onderzoek van Gesteenten uit Nederlandsch Oost-Indie : Molukken, Celebes* (Jaarb. v. h. Mijnwezen in Ned. O.-Indië, XXIV, 1895, wetensch. ged., p. 107-124).

l'extrémité méridionale de Batjan. Là, sa direction est S.S.E. De l'autre côté du détroit, à l'extrémité méridionale de Halmahera, commence un alignement analogue, orienté de même, et que Verbeek indique jusqu'à Kekeh (à l'Est d'Obi-Besar), d'où un autre alignement volcanique ancien court à l'E.N.E. jusqu'à la côte nord-ouest de la Nouvelle-Guinée. Les îles entourant la pointe extrême de Halmahera au Sud sont basaltiques[1].

Un groupe d'anciens volcans d'andésite pyroxénique occupe la côte nord-est de Halmahera; son centre est le Galela[2]. De là part vers le S.S.W. une traînée, présentant une légère convexité vers l'Ouest, de volcans récents, en partie actifs; elle coupe en biais la presqu'île du Nord, atteint la mer sur la côte nord de la Baie de Djilolo et se prolonge par les volcans de la rangée insulaire de Hiri, Ternate, etc. jusqu'à l'île Makian (0° 15′ de lat. N.). C'est ce dernier tronçon qui doit être commun à l'alignement récent de Ternate et à l'alignement ancien des îles Loloda.

La direction de ces alignements, plus ou moins voisine de celle du méridien, indique un rapport avec les Philippines; mais naturellement, il ne peut s'agir ici que d'hypothèses. Le groupe des *îles Talaoet*, comme me l'écrit M. Hundeshagen, est entièrement ou du moins en grande partie d'origine sédimentaire. Verbeek rappelle que la ligne des volcans actifs de Halmahera (ligne de Ternate), à partir de la Baie de Djilolo, s'écarte au N.N.E. (vers le Galela) de la direction des Philippines; mais il serait disposé à admettre une jonction entre l'alignement ancien (Loloda) et la côte orientale de Mindanao; cette côte est regardée comme une fracture[3].

Toutes les autres parties de Halmahera consistent presque uniquement, pour autant qu'on les connaît jusqu'à ce jour, en gabbro, péridotite, serpentine et autres roches éruptives très basiques. Il en est de même des grandes îles adjacentes, comme Rau et Morotai au Nord et Batjan au Sud-Ouest. Nous avons déjà vu quel rôle important ces mêmes roches jouent dans la constitution des îles situées au Sud-Est jusqu'à Waigeoe, Batanta et jusqu'à la côte de la Nouvelle-Guinée. On les a toutes attribuées récemment à l'époque crétacée.

Linck mentionne en outre, d'après les collections de Kükenthal,

1. Verbeek, *Voorloopig Verslag over eene Geologische Reis door het Oostelijk Gedeelte van den Indischen Archipel in 1899*, p. 23 et suiv.

2. Consulter aussi sur cette région : A. Wichmann, *Der Ausbruch des Vulcans « Tolo » auf Halmahera* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., XLIX, 1897, p. 152-159).

3. Verbeek, *Voorloopig Verslag*, etc., p. 33, note.

la présence de gneiss à Batjan, de schistes actinolitiques dans la partie sud de Halmahera, et de calcaire blanc à Nummulites dans le Sud-Est[1].

Un calcaire corallien récent entoure la plus grande partie de Halmahera.

16. Coup d'œil d'ensemble sur les Altaïdes orientales. — Devant nous, en Mongolie, s'étend la partie méridionale de l'ancien faîte, le vaste pays montueux du Khangaï. Des terrains archéens le constituent. Une large ceinture de grauwacke paléozoïque venant de la Transbaïkalie, par Ourga, arrive dans son voisinage, au Sud, et là commence la dépresssion de la Vallée des Lacs. Les gradins de l'effondrement se poursuivent le long du Dzapkhyn jusqu'au delà de Kobdo et d'Ouliassoutaï, et sa partie la plus profonde est située tout au bout, à l'Oubsa-Nor. C'est ainsi que cette cuvette sépare du faîte l'Altaï Mongol, qui possède la même structure et est un fragment de l'ancien faîte.

De bien loin au Nord-Ouest, du faîte récent, l'Altaï Russe, partent les rides nombreuses qui s'appellent d'abord Tien-Chan, s'accommodent de plus en plus dans cette chaîne à la direction W.N.W. puis portent successivement les noms de Beï-Chan, Loun-Chan, Nan-Chan et Kouen-lun central.

Au voisinage d'An-si sur le Sou-leï-khé, non loin de l'extrémité occidentale des oasis du Kan-sou, le modeste chaînon gneissique du San-sian-tsy rencontre avec la direction E.N.E., en faisant un angle aigu, les « Montagnes Désertes », qui représentent le bord méridional du Beï-Chan. C'est le début d'un nouveau régime : à partir de là, on voit d'abord le prolongement du Loun-Chan, puis la chaîne puissante des Monts Richthofen et tous les grands chaînons du Nan-Chan, du moins quand ils possèdent une longueur suffisante, se couder de l'W.N.W. à l'E.N.E. en prenant la direction de l'Anembar-Oula et de l'Altyn-Tagh, — comme si ces montagnes avaient été le siège d'une force plissante agissant simultanément, mais avec une intensité égale ou même supérieure. Il en est ainsi depuis l'extrémité occidentale des oasis du Kan-sou jusqu'au Tsaïdam et jusqu'aux lacs si élevés de Koum-Koul; en même temps, non seulement les chaînes mais aussi les fonds de vallées s'élèvent de plus en plus

1. Linck est disposé à voir dans la serpentine de l'Est de Halmahera une roche andésitique modifiée, peut-être du type des andésites à hypersthène, et à l'assimiler au point de vue de l'âge aux roches volcaniques du Nord (*in* Kükenthal, *Ergebnisse einer zoologischen Forschungsreise in den Molukken*, p. 88).

au-dessus de la plaine adjacente du Yarkend-Daria. Ceci est la limite occidentale.

A l'Est se trouve le grand môle sinien, avec ses couches cambriennes non plissées. Recouverte de sédiments plus récents, sa partie occidentale forme le substratum de l'Ordos. Le coude nord-ouest du Hoang-ho en jalonne ici le contour presque rectangulaire. On peut voir alors que le mouvement général vers le Sud, qui règne dans les Altaïdes, se fait également sentir à l'Est. Le Grand Khingan est certainement en partie, dans le Nord, une chaîne de plissement, la direction de ses plis coupant d'ailleurs celle des plis post-dévoniens de l'ancien faîte ; et il est probable qu'il conserve ce caractère de chaîne plissée sur toute sa longueur. Vers Koukou-Khoto se succèdent en biais une série de coulisses, s'orientant W.S.W., qui forment l'In-Chan et l'arc du Khara-narin-Oula, entièrement décomposé en coulisses.

Nous nous trouvons de nouveau en vue de l'extrémité méridionale de l'ancien faîte, au Sud du désert de l'Ala-Chan. Les grandes chaînes du Tien-Chan sont venues finir en coin, à l'Est du puissant Karlyk-Tagh, et le Beï-Chan n'est séparé du bord méridional de l'Altaï Mongol, ou plutôt de la chaîne de l'Adji-Bogdo, qui le précède, que par l'intervalle relativement étroit du Chiourten-Gobi. Grâce à l'écartement du Tien-Chan, les plis des Altaïdes ont acquis la direction des arcs de l'ancien faîte, et il n'est plus possible de reconnaître une limite entre les deux domaines. Alors les arcs venant de l'Est et de l'Ouest se rencontrent. L'Adji-Bogdo se prolonge par le Koukou-Tymyrty, et des alignements de rochers jalonnent le tracé de la chaîne à travers le désert, jusqu'au Tostou et au Noïn-Bogdo sur son bord oriental. Les extrémités orientales des chaînons du Beï-Chan s'infléchissent dans le même sens. De l'Est, le Khara-narin-Oula s'allonge jusqu'aux Monts Iawaraï, situés en plein désert. Même les extrémités des puissants arcs septentrionaux du Nan-Chan subissent, à partir d'un méridien situé un peu plus à l'Est, la même déviation. Mais l'Ala-Chan est entièrement renversé vers l'Est, et la région plate et déprimée de l'Ordos représente son avant-pays.

Il est difficile de savoir si l'inflexion des chaînes du Nan-Chan persiste vers le Sud jusqu'à Lan-tchéou-fou ; en tout cas, elle a cessé de se faire sentir autour de Di-dao, au delà du Hoang-ho, car au Sud de cette localité les chaînes du Kouen-lun central courent en droite ligne à l'E.S.E., sans rencontrer d'obstacle, et forment au bord sud du môle sinien le Tsin-ling-Chan.

Le rétrécissement que les Altaïdes éprouvent à l'Est, sous l'influence de l'avant-pays de l'Ordos, est d'ailleurs d'un genre tout différent de celui que déterminent l'Anembar-Oula et l'Altyn-Tagh, à l'Ouest; néanmoins, l'action combinée de ces deux obstacles a pour effet de surélever dans des proportions extraordinaires tous les fonds de vallées et la masse même des Altaïdes, de telle sorte que ces fonds de vallées atteignent 4 000 mètres d'altitude et que sur une très grande étendue, dans tout le Tibet oriental, le sol ne descend nulle part au-dessous de 4 500 mètres. Mais cet énorme faisceau de coulisses étroitement serrées tourne de plus en plus vers le Sud, et c'est seulement une branche latérale isolée qui forme le Tsin-ling-Chan; il se produit donc, entre la direction de ce rameau et la direction du groupe principal, un angle presque droit; et l'on peut admettre que les deux chaînes, presque perpendiculaires l'une à l'autre, ont encore subi toutes deux une poussée vers le Sud-Est, car du faisceau principal se détache au N.N.E. un bras qui entoure la ville de ya-tchéou-fou en dessinant une courbe concave au S.E.; ce chaînon secondaire, le Ta-pa-Chan, dont l'extrémité orientale est disposée en écailles regardant vers le Sud, vient se mouler sur le versant méridional du Tsin-ling-Chan. Sur le Yang-tsé-kiang, aux rapides d'I-tchang, on constate de même un mouvement dirigé vers le S.E.

Mais revenons au groupe principal. A l'Ouest, il est de nouveau resserré par l'extrémité orientale de l'Himalaya et le fragment triangulaire de l'Assam. Une fois cet obstacle franchi, les coulisses jusqu'alors arrêtées s'avancent au Sud-Ouest dans les Monts Naga et forment les chaînes arquées de l'Arrakan. En même temps que l'espace s'élargit, on remarque, sous la latitude de Ta-li-fou, que les Altaïdes ont une tendance à diverger. Deux groupes se constituent, l'un à l'Est, celui du Yun-nan, et l'autre à l'Ouest, celui de la Birmanie; et avec l'accroissement des surfaces coïncide une diminution de hauteur, pour les fonds de vallées comme pour les chaînes elles-mêmes. Sur le cours moyen du Mékong, les coudes successifs du fleuve trahissent le contraste qui règne désormais dans les directions; enfin les deux faisceaux sont complètement séparés, et dans l'intervalle affleurent les terrains anciens du Cambodge.

Le développement ultérieur de ces deux groupes est du reste différent.

Dans les coulisses orientales du faisceau de l'Est ou du Yun-nan, les gneiss et les schistes anciens des hautes chaînes s'abaissent peu à peu vers le Sud, et ces roches finissent par disparaître sous une

couverture continue de terrains sédimentaires. Ce manteau est formé de calcaires paléozoïques et mésozoïques plissés, mais réduits par l'érosion dans l'Est du Yun-nan et du Kouéi-tchéou, à l'état de haut plateau. Les coulisses médianes de ce faisceau diminuent également de hauteur, mais elles se prolongent dans la direction du Fleuve Rouge et forment les chaînes du Tonkin. Enfin une coulisse occidentale se poursuit sur une plus grande longueur encore : c'est la Cordillère de la côte orientale de l'Annam.

Bien au delà de la Mer de Chine méridionale, on voit une chaîne en arc de cercle. Elle commence sur la côte ouest du golfe de Lingayen, dans l'Ouest de Luçon, et s'étend sous le nom de Sierra de Zambales jusqu'au voisinage de la Baie de Manille. Son prolongement passe par Lubang, les îles Calamianes et Palaouan. A la même ligne se rattachent ensuite le Kinibalu et la chaîne arquée de Sarawak, qui aboutit au Cap Datoe, dans l'Ouest de Bornéo. Cet arc reproduit assez fidèlement par son allure le tracé de la Cordillère de l'Annam; c'est en même temps la branche occidentale de la virgation des Philippines, séparée d'ailleurs par un ancien massif saillant, dans le Sud-Ouest de Bornéo, des autres branches de cette virgation, qu'on retrouve au delà de ce massif, au Sud-Est de Bornéo, dans les montagnes de Martapoera et jusqu'à l'île Seboekoet. Une autre branche de cette virgation, représentée par des volcans, se poursuit de l'Ouest de Mindanao par l'archipel de Jolo jusqu'à Bornéo; une troisième, analogue à la précédente, part du volcan d'Apo, dans le Sud de Mindanao, passe au volcan Butulan et aux îles Sangi, suit les volcans du Nord-Est de Célèbes et atteint peut-être ceux du Golfe de Tomini. Une quatrième chaîne est indiquée par la ligne volcanique des îles Loloda, près de la côte occidentale de Halmahera. Plus nous avançons vers l'Océan, et plus les lignes directrices sont jalonnées par des volcans.

Ainsi se termine le faisceau de l'Est des Altaïdes Orientales. Toutes les coulisses ont disparu, sauf la plus occidentale. Celle-ci, formant la Cordillère de l'Annam, a pris une courbure dont la convexité est tournée vers l'Est et est venue s'emboîter dans la virgation des Philippines.

Dans le faisceau de l'Ouest des Altaïdes, le faisceau birman, on constate de même qu'une diminution générale des altitudes accompagne l'accroissement d'étendue du domaine plissé. Cette fois encore, ce sont les branches orientales qui disparaissent les premières : les chaînes de hauteurs qui bordent le Mékong, en amont de Vien-tian, s'effacent déjà vers les sources du Ménam. Les branches

suivantes n'en sont d'ailleurs que plus longues; elles se prolongent à l'Est de la Salouen, dans la Basse Birmanie, et forment, à l'état de coulisses juxtaposées en tronçons, le Tenasserim, la péninsule malaise et les îles au delà de Billiton, jusqu'à Karimoen-Djawa au Nord de Java. C'est ainsi que s'accuse tout d'abord le grand arc birman.

Ensuite, de Kunlon sur la Salouen jusqu'à Mandalay, on voit les chaînes se diriger vers le S.W., puis, plus au Sud, vers le S., tandis que dans les États Shans, une région karstique joue un rôle analogue au haut plateau calcaire du Yun-nan oriental et du Kouéitchéou. Entre le Sittang et l'Iraouaddi vient alors la large bande tertiaire à laquelle appartient le Pegu Yomah, et dont le prolongement forme le Golfe de Pegu et peut-être la moitié orientale de Sumatra, qui est plate. Dans le delta de l'Iraouaddi, une ligne volcanique longue et remarquable atteint la mer; Narcondam et Barren Island en indiquent la continuation.

De même que dans le faisceau du Yun-nan, les branches de l'Ouest, dans le faisceau de la Birmanie, sont de beaucoup les plus longues. Ce sont ces branches qui s'avancent dans les Monts Patkoï et Naga, pour former ensuite la courbe de l'Arrakan et du Cap Negraïs. A leur bordure externe appartient aussi la longue rangée des îles qui, à partir de ce promontoire, se succèdent jusqu'à Poulo Engano, à l'Ouest de la côte méridionale de Sumatra. Les Monts Barisan, dans le Sud de Sumatra, laissent voir encore des fragments importants d'une coulisse, mais les produits éruptifs tendent à prédominer. A Java, on ne trouve en dehors des roches volcaniques qu'un peu de terrain crétacé et des couches tertiaires. La longue coulisse arquée se morcelle de plus en plus; puis se présente, venant de l'W.S.W., une dernière coulisse, la chaîne de Soemba et de Timor, qui se replie autour de la Mer de Banda et disparaît. En même temps, l'Océan Indien, au Sud de Java, a 4 500 à 6 000 mètres de profondeur, et la Mer de Banda arrive à 5 600 mètres.

L'emplacement du continent Australien a exercé une influence manifeste sur l'allure du grand arc. On montrera, dans un chapitre ultérieur, que la cordillère australienne franchit au Nord le détroit de Torres et pénètre en Nouvelle-Guinée dans le bassin de la rivière Fly. L'Australie et la Nouvelle-Guinée encadrent l'arc de Banda.

C'est ainsi que se termine le faisceau de l'Ouest des Altaïdes Orientales. Cette fois encore, toutes les coulisses ont disparu, sauf la plus occidentale. Celle-ci s'avance dans une mer profonde, sous la forme d'un arc allongé, en diminuant constamment d'épaisseur. *Une*

dernière coulisse plus courte, la chaîne de Timor, s'y adjoint, et enfin l'arc se recourbe sur lui-même, emprisonné entre des horsts étrangers.

L'arc de Banda n'arrive pas en contact avec les extrémités probables des branches méridionales de la virgation des Philippines, soit la ligne de Minahassa et du Golfe de Tomini, soit celle de Batjan et du Sud de Halmahera. Une double rangée d'îles s'alignant de l'Est à l'Ouest s'introduit dans l'intervalle : Misool, Obi-Besar, Mangoli, Taliabo et le groupe des îles Peling au Nord, Céram, Boeroe et Amboine au Sud, — ces dernières étant encore souvent attribuées à l'arc de Banda. Il y a lieu de penser que ces deux chaînes insulaires prolongent les deux presqu'îles occidentales de la Nouvelle-Guinée, et que la Mer de Céram, qui les sépare, correspond au Golfe de Berau [ou de Mc Cluer].

Ce n'est pas seulement par ses lignes directrices que le domaine dont il est question ici est significatif. Dans les montagnes d'Arrakan commencent à se montrer les roches éruptives mésozoïques, d'âge probablement crétacé en majeure partie, qui s'étendent en passant par les Moluques et beaucoup d'autres îles jusqu'à la Nouvelle-Calédonie et à la Nouvelle-Zélande, roches toujours caractérisées par une forte teneur en magnésie. Le faisceau de l'Est des Altaïdes Orientales représente la région par où la Téthys pénétrait dans le continent asiatique actuel. Des faits nombreux, comme l'arrêt des plis de l'Ala-Chan et leur renversement contre l'avant-pays de l'Ordos ou le recourbement forcé de l'arc de Banda, ne permettent pas de douter qu'il y ait eu ou qu'il y ait encore, dans cette partie de la Terre, des régions violemment dérangées, en contraste avec les régions résistantes qui n'ont que peu ou point remué, et il est évident que le phénomène orogénique n'a en aucune façon procédé d'une manière uniforme.

Lorsqu'on essaie de suivre le tracé des lignes directrices, on acquiert l'impression que certains plis très continus, tendant toujours à se prolonger dans le sens longitudinal, se sont propagés dans l'intervalle ou au bord des obstacles, comme le Tsin-ling-Chan ou la chaîne d'Arrakan, tandis que d'autres, comme l'Ala-Chan, se sont formés par pression contre un obstacle; naturellement, tous les intermédiaires possibles relient ces deux types extrêmes.

Dans ces régions, et notamment aux Moluques, une tâche particulière, pleine d'intérêt, est réservée aux recherches futures par cette circonstance que des chaînes de montagnes comprenant des couches tertiaires moyennes plissées sont entourées de ceintures étagées de calcaires plus récents, dont les niveaux supérieurs remontent

selon toute apparence aux derniers âges de l'époque tertiaire. On se représente bien la propagation mécanique d'un plissement, et on conçoit également la baisse du niveau de la mer, par saccades, sous l'influence d'une augmentation de profondeur survenant dans une autre partie du globe; mais on ne se figure guère la poussée spasmodique d'îles sortant ainsi de l'Océan, et l'on ne comprend pas ce que pourrait être un pareil phénomène de soulèvement, distinct du plissement auquel il se superposerait.

D'ailleurs, les mouvements de plissement ont continué à se faire sentir jusqu'à une époque tardive dans les hautes montagnes, comme le montre nettement l'allure des dépôts continentaux du Gobi. Ces dépôts sont horizontaux sur les bords du Weï; ils atteignent le bord septentrional du Tsin-ling; à Tching-tchéou, sur le Weï, Lóczy y a recueilli *Stegodon insignis*. Plus au Nord-Ouest, près de Koung-tchang-fou, dans la vallée supérieure du Weï, ils recouvrent la charpente toute morcelée des montagnes primitives. A l'Ouest de Lan-tchéou, le Hoang-ho est profondément encaissé dans leur masse, et de là ils s'étendent jusqu'au Sin-ning, en formant une vaste table. Au Sud de Lan-tchéou, dans la direction du Tao-khé, ils s'avancent jusqu'à Min-tchéou et jusque vers 33° de lat. N., tantôt horizontaux ou adossés en pente douce aux montagnes, et tantôt plissés modérément suivant la direction W.N.W., qui domine dans ces parages.

Mais ils pénètrent aussi plus à l'Ouest, sous l'aspect de couches rouges, salifères, dans les vallées comprises entre les hautes chaînes tibétaines. Par 93° de long. E., Rockhill a trouvé toute la dépression entre les Monts Marco Polo et le Koko-Chili occupée par une terre d'un rouge brique, et le fond de cette cuvette est couvert de lacs salés. Au delà du Koko-Chili, par 35° de lat. N., le même voyageur a vu une butte tabulaire de grès rouge. Là, nous sommes en pleine région d'intumescence des plis, et nulle part le fond des vallées n'y descend au-dessous de 4500 mètres. Plus loin encore, au Sud de la chaîne Dongbouré, Rockhill n'aperçut, partout où pénétraient ses regards, que du grès rouge. Bien plus en aval, dans le bassin du Yang-tsé-kiang, le col Richod-la, par exemple, à l'Ouest de Batang, est même formé de grès rouge horizontal et de conglomérats[1].

Ainsi ces sédiments, bien que n'étant pas partout du même âge, recouvrent le pays comme un voile rouge déchiré, propre à nous renseigner sur les derniers mouvements du sol.

1. W. W. Rockhill, *Diary of a Journey through Mongolia and Tibet*, p. 193, 204, 209, 330.

On peut supposer que les lambeaux surélevés décrits par Rockhill ont été déposés dans des bassins distincts, à de grandes altitudes. Par contre, nous avons signalé deux cas, dans le Nan-Chan, où la réalité d'un mouvement postérieur ne saurait faire le moindre doute. Le premier exemple est fourni par la pénétration des couches en question à l'E.S.E. de l'oasis de Tchou-ma-er, dans l'ancienne vallée longitudinale comprise entre les Monts Richthofen et le Tolaï-Chan : elles se relèvent dans cette vallée longitudinale jusqu'au-dessus du col Tsin-pin-daban, c'est-à-dire à plus de 4 220 mètres, et en même temps leur allure, d'abord tranquille, devient celle d'un synclinal dont les flancs sont fortement inclinés. Obroutchev a pu dire à bon droit que cette vallée a dû se rétrécir. Le second exemple est emprunté à la plaine qui s'étend au Sud de la chaîne méridionale du Koukou-Nor : horizontales au début, les couches se redressent de plus en plus vers ces hautes montagnes, et leur inclinaison arrive à atteindre 70 ou 80°.

Ces faits prouvent que les mouvements de plissement, à une époque tardive, ne se sont pas fait sentir seulement sur le bord externe des montagnes de l'Eurasie. A l'intérieur de l'amphithéâtre d'Irkoutsk, le grand plateau cambrien nous fournit l'image du calme et du repos, et là même, cependant, les plissements de la bordure ont duré jusqu'à l'époque des flores de l'Angara, ou du moins se sont renouvelés à cette époque. Mais du côté de la périphérie, en s'avançant vers les profondeurs de l'Océan Pacifique, les indices d'un mouvement général se multiplient. Du Kamtchatka comme de la presqu'île malaise, les cordillères descendent en quelque sorte dans l'Océan, et jusqu'aux îles Bonin on reconnaît que la disposition des volcans est déterminée par des phénomènes analogues.

CHAPITRE VII

L'ARC DE YARKEND, L'IRAN ET LE TOURAN

1. L'arc de Yarkend ou Kouen-lun occidental. — 2. Himalaya. — 3. Siah-Koh et Safed-Koh. — 4. Sewestan. — 5. Afghanistan et Iran. — 6. Hindou-Kouch. — 7. Touran. — 8. Montagnes de l'Amou-Daria. — 9. Montagnes du Syr-Daria. — 10. Structure des chaînes intermédiaires. — 11. L'Asie actuelle.

1. L'arc de Yarkend ou Kouen-lun occidental (I, p. 574). — Les Altaïdes, représentées ici par le Beï-Chan et le Tien-Chan, demeurent absolument indépendantes vis-à-vis de l'arc de Yarkend. Elles figurent la corde de cet arc. Dans le Gobi occidental, on ne voit rien qui se puisse comparer aux arcs rasés du Gobi oriental ou aux tronçons de l'Ala-Chan. Les quelques reliefs qu'on y rencontre, comme le Mazar-Tagh, ne sont guère que des « témoins » formés par les dépôts gypsifères du Gobi, et les collines éocènes des environs de Sandjou et de Yanghi-Hissar n'ont aucun rapport avec l'architecture du grand arc.

Nos connaissances sur la structure de cet arc ont subiune transformation complète grâce aux travaux de Pievtsov et de Bogdanovitch [1]. Son tronçon nord-occidental répond aux Montagnes de

1. K. I. Bogdanovitch, *Le Nord-Ouest du Tibet, le Kouen-lun et la Kachgarie*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXVII, 1891, p. 480-504, 2 cartes); *Recherches géologiques dans le Turkestan Oriental*, r. (Travaux de l'Expédition au Tibet dirigée par M. V. Pievtsov, tome II). Publié par la Société Impériale Russe de Géographie. In-4°, VIII-167 p., 8 cartes, 5 pl. de coupes, Saint-Pétersbourg, 1892; *Remarques sur le Kouen-lun*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXX, 1894, p. 374-400); *Einige Bemerkungen über das System des Kwenlun* (Mittheil. k. k. Geogr. Ges. Wien, XXXVIII, 1895, p. 497-526, carte). Voir aussi G. Wegener, *Versuch einer Orographie des Kwenlun*, Inaug.-Diss. Marburg (Zeitschr. Ges. für Erdkunde, Berlin, XXVI, 1891, p. 191-296, pl. 5-6 : cartes), et *Die Entschleierung der unbekanntesten Teile von Tibet und die tibetische Centralkette* (v. Richthofen-Festschrift, in-8°, Berlin, 1893, p. 385-418); K. Futterer, *Die allgemeinen geologischen Ergebnisse der neueren Forschungen in Zen-*

Kachgar, à l'Ouest desquelles se dresse la haute chaîne du Moustagh-Ata. Aux Montagnes de Kachgar se rattache vers le Sud une chaîne à laquelle on donne plus particulièrement le nom de Kouen-lun Occidental; elle se termine à la rivière Youroun-Kach. Là commencent les Monts de Keria, où l'arc atteint sa latitude la plus méridionale (36°); à partir de ce point, sa direction générale tourne à l'E.N.E. Au Keria-Daria, la chaîne prend le nom de Chaîne Russe ou Akkar-tchékyl-Tagh; en réalité, il y a deux chaînes parallèles, l'Astyn-Tagh et l'Ousiou-Tagh, séparées par une profonde vallée longitudinale. Au delà du Kara-Mouren s'y rattache le Tokouz-Davan; dans son prolongement ultérieur surgissent les coulisses de l'Altyn-Tagh et de l'Anembar-Oula, dessinant comme nous l'avons vu, dans la direction de l'E.N.E., de longs alignements qui vont se raccorder, tronçon par tronçon, avec les extrémités des chaînes du Nan-Chan. En dedans, c'est-à-dire au Nord-Ouest de ces chaînes, se trouve le chaînon de gneiss souvent mentionné du San-sian-tsy; c'est également à l'intérieur de l'arc qu'est situé, au Sud-Est de Khotan, le court chaînon du Tékélik-Tagh.

Au-dessus du gneiss et des schistes cristallins, Bogdanovitch a trouvé dans ces montagnes une série très épaisse, parfois fortement métamorphisée, de conglomérats, de quartzites, de schistes argileux et de schistes verts, avec des diabases. C'est à cette série qu'appartiennent sans doute les schistes chloriteux souvent signalés par Stoliczka. Sur le versant sud du Kyzyl-ounguïnin-tiouré, et plus à l'Est, à une altitude de 16 000 à 18 000 pieds [4 800-5 500 m.], a été rencontré un calcaire corallien noir, dont Frech a déterminé l'âge comme dévonien moyen. Toute la série, à partir des schistes cristallins, est attribuée au Dévonien[1]. Elle forme une large zone, en dedans de laquelle Stoliczka a trouvé, au Sud-Ouest de Sandjou, quelques traces douteuses du Carbonifère inférieur[2]. Le Carbonifère moyen forme au Nord de la chaîne une longue bande de calcaires blancs. Sur le versant sud du Tékélik-Tagh, des calcaires à Fusulines ont fourni des échantillons de *Spirifer mosquensis*, *Productus semireticulatus* et autres fossiles.

tral-Asien und China (Petermanns Mitteil., Ergänzungsheft Nr. 119, 1896, 60 p., pl. 1-2: carte et coupes; en particulier p. 6 et suiv.). [Voir aussi J.-L. Dutreuil de Rhins, *Mission scientifique dans la Haute Asie*, t. I et III, in-4°, Paris, 1897-1898, et l'*Attas des Cartes*, par F. Grenard, in-folio, 1898, pl. I-XIV; croquis d'ensemble et notice de F. Grenard dans *L'Année Cartographique* de Fr. Schrader, 5e suppl., 1895.]

1. *Beiträge zur Stratigraphie Central-Asiens auf Grund der Aufsammlungen von* F. Stoliczka *und* K. Bogdanowitsch (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Math.-Naturw. Cl., LXI, 1894, p. 431-465); F. Frech, Ibid., p. 445 et suiv.

2. Mém. cité, p. 452.

Sur la rivière Goussass (affluent de gauche du Tiznab, qui se termine entre Karghalyk et Yarkend), Bogdanovitch a trouvé, en stratification transgressive, un calcaire foncé contenant de nombreux Brachiopodes. Diener y ayant signalé la présence du *Productus cancriniformis*, il est probable que ce calcaire est contemporain des « Productus Shales » du Kumaon et du Garhwal, également discordantes sur les terrains antérieurs[1].

Bogdanovitch, en s'appuyant sur ces faits, distingue deux phases de transgression. La première est la transgression du *Kouen-lun*. Une phase d'abrasion paraît l'avoir précédée. La série des dépôts débute par des sédiments grossiers ; les premières couches fossilifères sont les calcaires coralliens du Dévonien moyen. La seconde coïncide avec

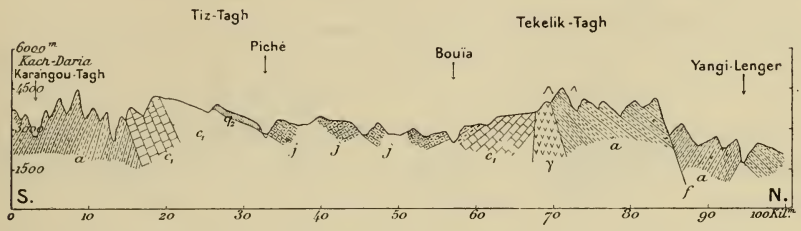


Fig. 55. — Coupe à travers le Tiz-Tagh et le Tékélik-Tagh, d'après Bogdanovitch.

a, *a*. Gneiss et Schistes cristallins ; *c*, Carbonifère à *Spirifer mosquensis ; j*, *j*, Couches à empreintes végétales ; γ, Granite ; q_2, Éboulis et graviers ; *f*, *f*, Failles. — Échelle des longueurs 1 : 1 000 000 ; hauteurs 1 : 300 000 environ.

les couches du Goussass et est appelée transgression *tibétaine*. Des grès calcaires très épais paraissent représenter ces couches dans la partie médiane de l'arc montagneux[2]. Au Tékélik-Tagh, l'étage du *Spirifer mosquensis* surmonte de très près le gneiss.

Pour apprécier la structure de l'arc de Yarkend, nous possédons trois coupes relevées par Stoliczka, et huit itinéraires plus ou moins continus qui ont été suivis par Bogdanovitch.

Si, de Khotan, on se rapproche de l'arc intérieur du système aussitôt après avoir gravi les premières collines (peut-être éocènes), on atteint le gneiss d'une avant-chaîne déjà mentionnée, le Tékélik-Tagh (fig. 55). Au delà du faîte vient un peu de granite, puis un bassin affaissé ou discordant, large d'une cinquantaine de verstes, de calcaires blancs, carbonifères, avec lambeaux de couches de l'An-

1. Frech, *Beiträge zur Stratigraphie Central-Asiens*, p. 454 ; C. Diener, *Himalayan Fossils : Permian Fossils of the Productus-Shales of Kumaon and Gurhwal* (Palaeontologia Indica, Ser. XV, vol. I, pt. 4, p. 31, 54).

2. Bogdanovitch, dans Pievtsov, II, p. 59 et suiv.

gara. Au Sud de cette cuvette, dans une seconde avant-chaîne appelée Karangou-Tagh, le gneiss reparaît[1].

Ces avant-chaînes et la chaîne du San-sian-tsy sont, chose singulière, les seuls points du bord interne de l'arc où, jusqu'à présent, on ait signalé du gneiss. Une ceinture de calcaire carbonifère, toujours caractérisé par des teintes claires, se montre d'ailleurs vers l'Ouest au pied des hautes montagnes ou dans les avant-chaînes au S. de Sandjou, puis au S.W. de Karghalyk et à l'W.S.W. d'Akka-aryk près de Yarkend, par conséquent sur presque toute la partie occidentale de l'arc.

Ensuite vient la grande bande de terrain dévonien. Elle forme les Montagnes de Kachgar jusqu'au Moustagh-Ata, le Kouen-lun occidental (dans le sens que Bogdanovitch donne à ce nom), la Chaîne de Kéria et toute la Chaîne Russe jusqu'aux montagnes calcaires adjacentes et moins élevées du Tibet septentrional, au Sud, ainsi qu'une grande partie des chaînes situées plus à l'Est, et constitue par conséquent l'arc presque entier. A l'intérieur de cette zone dévonienne surgissent de puissants culots de granite. Ils forment un grand nombre de sommets atteignant ou dépassant 6 000 mètres, par exemple sur la ligne de Karghalyk au Moustagh près du Col de Takhta-goroum et dans la Chaîne Russe. Il est manifeste que ces énormes culots de granite jouent le même rôle dans la structure de ces montagnes que ceux du Cornwall ou du Harz, qui surgissent si souvent au milieu du terrain dévonien. Les Montagnes de Yarkend possèdent des pointements de granite analogues dans le gneiss, mais non dans la zone carbonifère.

Au Sud et à l'Ouest de la zone dévonienne règnent des conditions différentes. La Chaîne Russe s'abaisse vers le Sud, aussi bien sur le lac Dach-Koul (Ousiou-Tagh) que sur le lac Chor-Koul (Astyn-Tagh), par d'effrayants précipices, au Sud desquels s'étalent les chaînes calcaires plissées du Nord-Ouest du Tibet. Vers l'Ouest, cette limite des schistes dévoniens et de la région calcaire passe par Dong-lung sur le haut Karakach (dans le Lingtzi-thang) et par Ak-tagh sur la route du col de Karakoroum (36° de lat. N., 78° 10′ de long. E.). Dans ces montagnes calcaires du Sud, on connaît des Ammonites permiennes, du Trias marin et du Jurassique moyen marin[2].

Il en est autrement plus au Nord-Ouest. Cette zone calcaire dis-

1. Bogdanovitch, dans Pievtsov, II, pl. II, fig. 4.

2. *Beiträge zur Stratigraphie Central-Asiens*, p. 458 : Mojsisovics, Permien à *Xenodiscus* de Woabjilga; p. 462 : Uhlig, Callovien du haut Karakach. En outre, le Trias est représenté au Karakoroum par des Hétérastridies; on a signalé à ce col des Bélemnites.

paraît, et les sédiments dévoniens avec culots de granite s'avancent jusqu'à une grande zone occidentale de gneiss.

C'est ce qui se produit déjà sur le haut Yarkend-Daria. Dans la partie sud des Montagnes de Kachgar, on atteint le gneiss à environ 30 verstes de la vallée de Tagharma; le col de Kok-maïnak est situé dans un massif granitique qui est entouré de gneiss. Enfin, au Sud-Ouest de Yanghi-Hissar, les sédiments dévoniens viennent buter directement, à une grande altitude, contre les gigantesques sommets gneissiques du Moustagh-Ata, et la coupe publiée par Bogdanovitch montre au point de contact, dans le Dévonien, un pli renversé vers l'Est (fig. 56).

« Les granites de Boloun et du Takhta-goroum, dit Bogdanovitch,

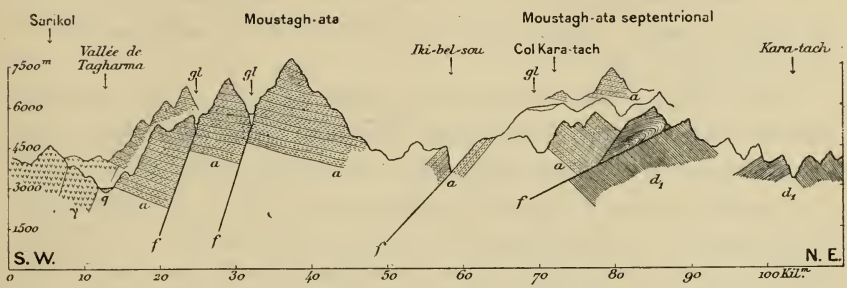


Fig. 56. — Coupe de la chaîne du Moustagh-Ata au Sud-Ouest de Yanghi-Hissar, d'après Bogdanovitch (*Travaux de l'Expédition au Tibet* (r.), in-4°, II, St.-Pétersbourg, 1892, pl. I, fig. 1).

a, Gneiss ; γ, Granite; d_1, Schistes et quartzites (Dévonien inférieur); *q*, Alluvions; *gl*, Glaciers ; *f*, *f*, Failles. — Échelle des longueurs 1 : 1000000; hauteurs 1 : 300 000.

passent aux granites de Koussérab, c'est-à-dire, d'une façon générale, du versant *oriental* des Montagnes de Kachgar. Selon toute vraisemblance, les gneiss du Moustagh-Ata peuvent être rattachés aux gneiss du massif central de la chaîne du Moustagh [1]. »

Ces faits permettent de constater ce qui suit : l'interprétation donnée dans un précédent chapitre (I, p. 574-579) est confirmée, en tant que l'inflexion du Kouen-lun Occidental se trouve établie. Les conclusions déduites de l'identité des roches à Sandjou et à Karghalyk sont corroborées par ce nouvel examen. Le gneiss syénitique du col de Yanghi doit être attribué aux culots dévoniens de syénite et de granite. D'autre part, Stoliczka s'est trompé en supposant que le calcaire triasique d'Ak-tach, dans le Pamir, se prolongeait vers le Sud-Est de manière à se raccorder avec les terrains

1. Bogdanovitch, dans Pievtsov, II, p. 83; voir en particulier la carte B. Boloun et Takhta-goroum sont en pleine région montagneuse, du côté du Moustagh.

calcaires fossilifères de la région du Karakoroum (II, p. 578). On voit au contraire que les massifs de gneiss que Stoliczka eut à franchir entre Balgoun, Tachkourgan et Kanshubar (à l'Est d'Aktach) se prolongent non seulement vers le Nord, dans le Moustagh-Ata, mais aussi selon toute probabilité vers le Sud, jusqu'aux hautes montagnes du Moustagh, en passant par la chaîne de Tagdoumbach. « A partir de Tagdoumbach, écrit Ivanov, les montagnes augmentent rapidement de hauteur et vont se confondre avec la chaîne du Karakoroum-Moustagh, dont les cimes, se dressant au-dessus des nuages, ont plus de 20 000 pieds [6000 m.] d'altitude[1] ».

On obtient ainsi un tableau qui diffère plus encore de ce que l'on se représentait jusqu'à présent. *Le Moustagh-Ata devient une partie de la chaîne gneissique du Baltistan, qui se dirige au S.E. par le pic* K_2 (*actuellement appelé Mont Godwin-Austen, 8 610 m.*) *vers le lac Pang-kong*[2].

Sven Hedin a fait connaître un grand nombre de particularités intéressantes de la structure du Moustagh-Ata[3]. Cet épais massif montagneux ne se termine pas au Ges, mais sa direction, au delà de ce cours d'eau, s'incline davantage au N.N.W. On sait depuis longtemps que le Pamir consiste en une partie étroite, méridienne, à l'Est, et en une partie large, s'orientant E.-W., au centre et à l'Ouest. Nous avons déjà insisté sur l'analogie de cette séparation avec le rebroussement du Jhelam (I, p. 588). La chaîne puissante du Baltistan s'infléchit complètement vers le Nord jusqu'au N. du 39°, et exerce une influence déterminante sur l'allure des Altaïdes, qui viennent du Nord et se propagent à l'Ouest de cette chaîne, exactement comme les chaînes du Nan-Chan, à l'Est de l'autre extrémité de l'arc de Yarkend, arrivent à poursuivre leur développement.

C'est ainsi que l'arc de Yarkend arrête, à l'Est et à l'Ouest, les

1. D. Ivanov. *Voyage au Pamir*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XX, 1884, p. 44).

2. Cette interprétation se trouve déjà exprimée, sinon pour le Kouen-lun occidental, du moins pour le Moustagh-Ata (la chaîne appelée généralement Kyzyl-Yart), dans Richthofen, *China*. I, 1877, carte faisant face à la p. 272. — La carte du Pamir de G. N. Curzon (Geogr. Journ., VIII, 1896, p. 96) indique clairement la position des localités signalées; l'indépendance et la constitution différente du Tagdoumbach Pamir, sur lesquelles l'auteur insiste (p. 33 du même vol.), résultent des particularités de structure qui viennent d'être décrites. — Pour l'altitude du Mont Godwin-Austen, voir J. T. Walker, Geogr. Journ., III, 1894, p. 339, et H. H. Godwin-Austen, ibid., p. 431.

3. Sven Hedin, *Forschungen über die physische Geographie des Hochlandes von Pámir im Frühjahr 1894* (Zeitschr. Ges. für Erdkunde, Berlin, XXIX, 1894, p. 289-346, pl. 8-12 : cartes); *Die Gletscher des Mus-tag-ata* (Ibid., XXX, 1895, p. 94-134, pl. 5-6 : cartes); et *Der kleine Kara-kul und Bassik-kul* (Petermanns Mitteil., LXI, 1895, p. 87-92, carte).

longues vagues terrestres venant de l'Altaï. Il est étroit sur toute sa longueur ; les ramifications occidentales du Kouen-lun central (Arka-Tagh, etc.) le séparent de l'arc de l'Himalaya, de même que les montagnes en partie mésozoïques qui s'étendent au Sud; d'autre part, il s'y rattache par l'inflexion de la chaîne principale du Baltistan du Nord-Ouest au Nord.

Sur le versant nord de sa partie méridionale se trouvent des lambeaux des couches à empreintes végétales de la série de l'Angara, qui possèdent une extension si extraordinaire en Sibérie. C'est là qu'elles se terminent. Au Sud de la bande dévonienne et granitique de la Chaîne Russe, mais encore au Nord de la chaîne gneissique du Baltistan, ces couches à plantes sont remplacées par la série si variée des dépôts mésozoïques marins.

Là commence le domaine de la Téthys. Mais nous ne connaissons que les limites des sédiments, et encore n'est-ce que dans la mesure où elles ont été étudiées jusqu'à présent : demain, peut-être, le hasard d'une découverte heureuse peut modifier les conclusions admises. Ces limites des sédiments ne doivent en aucune façon être assimilées à première vue aux limites des mers anciennes. Les couches à empreintes végétales du versant nord de l'arc de Yarkend ont subi des dislocations posthumes, et les sédiments mésozoïques du Sud ont été soumis aux plissements les plus violents. Même au milieu des glaciers des chaînes du Baltistan, une zone de calcaire métamorphique court à une grande hauteur à travers le gneiss, dans lequel elle paraît former un synclinal ou un coin s'ouvrant au Sud-Ouest (I, p. 573). Les terrains mésozoïques de cette région, pour autant que je les connais, n'affectent nulle part un faciès clastique ou littoral; ce sont presque uniquement des calcaires plus ou moins purs.

Les phénomènes dynamiques ont atteint une telle intensité que les contours primitifs des mers mésozoïques, contours qui ont sans doute varié d'ailleurs au cours des âges, ont disparu. Provisoirement, nous devons nous contenter des résultats généraux suivants : nulle part, dans le horst du Baïkal, on ne connaît de sédiments cambriens certains; plus au Sud, il existe des sédiments paléozoïques, et au-dessus, les couches à empreintes végétales de la série de l'Angara; enfin, à partir du bord sud de l'arc de Yarkend, ces couches à plantes disparaissent et les dépôts marins mésozoïques les remplacent.

La partie orientale de l'arc de Yarkend a déjà été étudiée en même temps que le Nan-Chan occidental.

2. Himalaya. — L'Himalaya est formé dans sa partie occidentale par une série de chaînes de montagnes puissantes, se succédant l'une en arrière de l'autre, qui sur toute leur largeur, des alluvions du Sud jusqu'au Moustagh, sont plissées et renversées vers le Sud-Ouest (I, p. 565).

Les éléments principaux que nous y avons reconnus sont les suivants : 1° les avant-monts tertiaires ; 2° le Pir Panjal et le Dhauladhar, constitués par des schistes et du granite ; 3° le bassin paléozoïque supérieur et mésozoïque de Kashmir ; 4° la zone gneissique de Zanskar ; 5° la zone paléozoïque et mésozoïque de Spiti, etc. ; 6° la zone éocène et basaltique du haut Indus ; 7° la zone syénitique et gneissique de Ladakh ; 8° les restes, pincés dans les roches cristallines, d'une zone paléozoïque supérieure et mésozoïque (Braldu et Baltistan) ; 9° la zone gneissique du Moustagh et du Baltistan.

Tous les géologues qui ont étudié de près cet ensemble de hautes montagnes admettent que leur formation est le résultat d'une longue succession de phénomènes tectoniques, dont le début remonte à une haute antiquité. Mais ces phénomènes ont continué jusqu'à la fin de l'ère tertiaire, peut-être même jusqu'à l'époque actuelle, en suivant toujours un même plan.

La description détaillée de la zone figurant ici sous le n° 5, zone qui ne se sépare pas toujours très nettement de la zone n° 6, que Griesbach a donnée pour la région comprise entre la vallée de Spiti et la frontière du Népal, au Nord de la chaîne gneissique la plus élevée, confirme ce résultat ; en la rapprochant des travaux des géologues de l'Inde, on peut préciser un certain nombre de ces phases[1].

Dans l'Himalaya, de même que dans l'Afghanistan et jusque dans le Nord de la Perse, Griesbach constate qu'il existe vers la fin de l'époque carbonifère les indices de grands changements physiques.

Dans les districts de Spiti, de Painkhanda et de Johar, on remarque une discordance importante à la base des *Productus Shales* d'âge permien, dont la teinte sombre est caractéristique. Cette discordance qui, comme on l'a déjà vu, équivaut probablement à la « transgression tibétaine » de l'arc de Yarkend, n'avait pas

1. C. L. Griesbach, *Geology of the Central Himalayas* (Mem. Geol. Survey of India, XXIII, 1891, XI-232-XIX p., 2 cartes, 27 pl.). Pour les questions générales de ce genre, voir par exemple R. D. Oldham, *Essays in Theoretical Geology, 3. The Age and Origin of the Himalayas* (Geol. Mag., Dec. 3, VIII, 1891, p. 8 et 70), et C. A. Mc Mahon, *The Geological History of the Himalayas* (Proc. Geologists' Assoc., XIV, 1895, p. 80-96).

échappé à Stoliczka; elle correspond au début du « Zanskar System » de Lydekker.

Parmi les phénomènes postérieurs, notons seulement le fait que, sur le haut Indus, la mer éocène possédait un rivage au Sud de la chaîne de Ladakh (zone 7; voir I, p. 573); l'allure des couches paraît indiquer qu'après l'époque éocène, lors du refoulement général du N.E. au S.W., les coulisses se sont rapprochées les unes des autres. Peut-être y existait-il, à l'époque éocène, une ligne disjonctive pourvue de volcans[1].

Enfin le renversement des Siwaliks (zone 1) atteste la persistance de ces mouvements. —

En voyant l'extraordinaire largeur du territoire où se manifeste ce mouvement uniforme vers le S.W., il était à prévoir qu'on y retrouverait un jour des dislocations tangentielles comparables en importance à celle des Alpes Suisses; et en effet, des observations récentes y ont révélé la présence de pareils accidents. On les trouve dans la zone 5, à la limite entre le Kumaon et le Tibet, et nous possédons à leur sujet des descriptions dues à deux observateurs éminents, Griesbach et Diener, descriptions qui concordent absolument sur tous les points de fait[2].

Dans cette région, la série des couches paléozoïques est visible jusqu'aux quartzites blancs du Carbonifère. Au-dessus de ces quartzites viennent les schistes noirs à *Productus*, la longue série si variée des dépôts triasiques, qui sont toujours noirs ou d'un gris foncé, les calcaires blancs ou gris clair de l'horizon du Dachsteinkalk, les épais schistes noirs appartenant au Jurassique moyen ou supérieur et en partie au niveau de Berrias (*Spiti Shales*), enfin les grès de Gieumal, analogues au Flysch. Ces deux derniers étages forment les hautes surfaces de Chaldu et de Kiogarh, à une altitude de 17 000 à 19 000 pieds [5 200-5 800 m.].

Toute cette série, de bas en haut, est concordante, du moins à partir de la discordance qui succède aux quartzites carbonifères. Elle est surmontée par des lambeaux d'une seconde série, dont plusieurs apparaissent complètement isolés, couronnant les sommets.

[1. Voir C. A. Mc Mahon, *Petrological Notes on some Peridotites, Gabbros, and Associated Rocks from Ladakh, North-Western Himalaya* (Mem. Geol. Survey of India, XXXI, pt. 3, 1901, p. 303-329, pl. 17-18).]

2. C. L. Griesbach, *Notes on the Central Himalayas* (Records Geol. Survey of India, XXVI, 1893, p. 19-25, carte, pl. 1-2); C. Diener, *Ergebnisse einer geologischen Expedition in den Central-Himalaya von Johar, Hundes, und Painkhanda* (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturw. Cl., LXII, 1895, p. 533-607, pl. I-VIII); et *Notes on the Geological Structure of the Chitichun Region* (Mem. Geol. Survey of India, XXVIII, pt. 1, 1898, p. 1-27).

Cette seconde série ou série de recouvrement est différente de la série normale de Spiti. Le terme le plus ancien qu'on y ait signalé jusqu'à présent est un calcaire blanc où abondent les *Camarophoria*, *Loftusia* et autres fossiles permiens caractéristiques; cet horizon est absolument inconnu dans la série inférieure. Il est surmonté par un Trias marin, où Diener avait distingué deux niveaux et où Krafft a

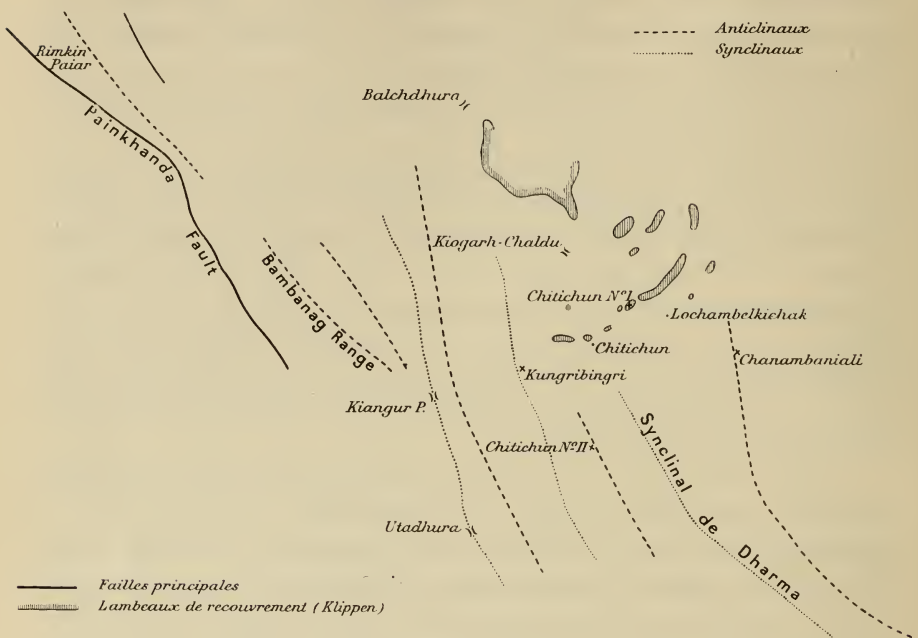


Fig. 57. — Les lambeaux de recouvrement (Klippen) de Chitichun et de Balchdura (Hundes méridional), d'après Diener. — Échelle de 1 : 400 000.

La frontière du Tibet passe par les cols Utadhura (5 361 m.) et Kiogarh-Chaldu (5 315 m.). Plus au Nord-Est se trouve le lac Manasarowar.

reconnu des divisions plus nombreuses. La zone du *Ceratites subrobustus* (base des bancs à *Spirifer Stracheyi* de Krafft) affecte dans les lambeaux de recouvrement l'aspect d'un marbre rouge, tandis que dans la série normale de Spiti elle se présente à l'état de calcaire noir compact[1]. Puis vient un calcaire de teinte claire, analogue au Dachsteinkalk de la série inférieure. Enfin Krafft, comme M. Griesbach a eu l'obligeance de m'en informer, a trouvé dans ces lambeaux du Lias à *Arietites*, étage qui n'a pas encore été découvert dans la série inférieure. A ces « témoins » sont associés des

1. A. von Krafft, *Stratigraphical Notes on the Mesozoic Rocks of Spiti* (General Report Geol. Survey of India for 1899-1900, p. 204).

pointements de porphyrite diabasique, qu'on peut voir aussi en filons dans les Spiti Shales et le grès de Gieumal du substratum.

La distribution de ces lambeaux est indépendante des plis du substratum (fig. 57), et quoique les schistes qui sont par-dessous soient fortement froissés, on peut néanmoins constater au lambeau le mieux connu, celui qui a été désigné sous le nom de Chitichun I, que leur allure est horizontale. Un grand nombre de petites failles et de miroirs traversent ces *Klippen*, mais les fossiles ne sont pas déformés par la pression.

D'une façon générale, ces lambeaux forment une traînée en arc de cercle entre Chitichun I et le Kungribingri (5 843 m.), au sommet duquel Diener a encore trouvé un bloc de calcaire blanc permien.

La particularité la plus remarquable de ces gisements est la différence de nature des deux séries. Ce contraste rappelle la différence de faciès entre les lambeaux de recouvrement des Alpes Occidentales, provenant de la zone du Briançonnais, et leur substratum, où les couches affectent le faciès helvétique. Grâce aux progrès que les études de ces dernières années ont fait faire à la classification du Trias, Diener, en examinant les fossiles recueillis sur le versant oriental du Chitichun I, a pu déterminer d'avance l'horizon où il y aurait lieu de chercher ces fossiles au Spiti, et Krafft les y a retrouvés, en effet, mais dans une roche différente. Cette circonstance suffit pour montrer que la série supérieure a dû se former dans d'autres conditions physiques que la série inférieure, et à une grande distance; il est évident que ces lambeaux ne peuvent être ni des têtes d'anticlinaux, ni des paquets de couches ramenées verticalement des profondeurs par faille ou entraînées dans leur ascension vers la surface par des roches éruptives[1]; et, de même que pour les lambeaux de recouvrement de la Suisse, l'hypothèse d'un charriage lointain est la seule à laquelle on puisse s'arrêter.

Ces lambeaux ne viennent pas du Sud; le refoulement général des montagnes du N.E. au S.W. s'y oppose. D'autre part, au Nord s'étend d'abord la zone éocène (6), puis la puissante zone gneissique et syénitique de Ladakh (7), et alors seulement viennent les prolongements probables des lambeaux mésozoïques pincés dans

[1. Les récentes études de A. von Krafft ont toutefois montré que, dans le Laptal (30°45′ lat. N., 80°15′ long. E.), de nombreux blocs calcaires, considérés d'abord comme « exotiques », font partie de brèches éruptives, associées à des laves andésitiques d'âge éocène et antérieures au plissement de la région; ces blocs proviennent de divers niveaux compris entre le Permo-Carbonifère et le Lias (General Report Geol. Survey of India for 1900-1901, p. 27-28). Voir aussi C. Diener, *Zur Erinnerung an Albrecht von Krafft* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., LI, 1901 p. 156).]

les roches cristallines du Braldu, où d'après la direction l'on pourrait conjecturer que se trouvent les racines en forme de coin de ces lambeaux de recouvrement. Or on ne connaît nulle part, dans le Trias de ces régions, — qu'il s'agisse de la série normale de Spiti, des lambeaux de recouvrement du Hundes ou des bandes septentrionales du Braldu et du Baltistan, — le moindre indice d'une formation littorale. On doit admettre que les sédiments triasiques se sont jadis étendus sur toute la zone de Ladakh, et que, comme

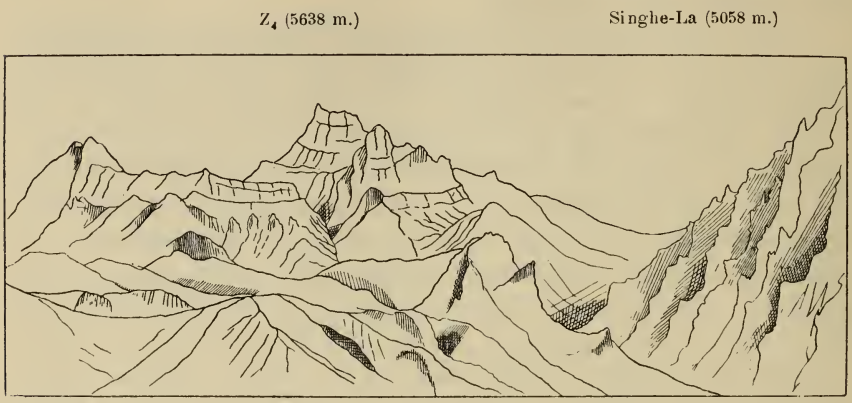


Fig. 58. — Lambeau nummulitique du Singhe-La dans le Zanskar, d'après La Touche (Records Geol. Survey of India, XXI, 1888, p. 162).

dans les Alpes Occidentales, ils ont été plissés avec elle et plus tard enlevés par l'érosion.

Les roches éruptives ne peuvent être considérées que comme un phénomène secondaire ou accessoire.

Ces indices de mouvements tangentiels d'une amplitude extrême permettent de penser que bien des phénomènes restés jusqu'à présent énigmatiques, dans l'Himalaya, s'expliqueront un jour par l'hypothèse de lambeaux de recouvrement. Et en disant cela, je ne songe pas seulement au lambeau absolument isolé de calcaire noir à *Nummulites Ramondi* qui couronne les quartzites paléozoïques au sommet du Pic Z_4 (5638 m.), au voisinage du col de Singhe-La (fig. 58)[1], mais aussi à toute une série de faits signalés plus au Sud, et en particulier au massif de granite gneissique du Kalogarhi, dans le Garhwal, à l'Est de la gorge par laquelle le Gange sort des montagnes (fig. 59). Les descriptions très précises de Middlemiss et

1. T. D. La Touche, *Re discovery of Nummulites in Zánskár* (Records Geol. Survey of India, XXI, 1888, p. 160-162, 1 pl.); Singhe. Là est par 33° 58′ de lat. N., et 76° 58′ de long. E.

l'étonnement dont fut saisi ce consciencieux observateur lorsqu'il vit que, de toutes parts, les sédiments récents s'enfonçaient sous ce massif permettent de croire que ce géologue serait arrivé à une autre interprétation, ou plutôt que sa première impression aurait persisté, si les lambeaux de recouvrement de Chitichun avaient été connus dès cette époque, ou les faits qui depuis ont été mis en lumière dans les Alpes Suisses entre l'Aar et l'Arve. La série qui sert de support au massif du Kalogarhi comprend des sédiments

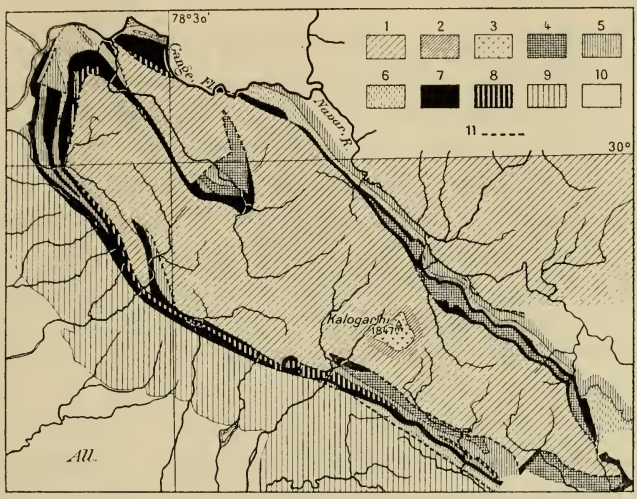


Fig. 59. — Ellipse cristalline du Kalogarhi (Garhwal), d'après C. S. Middlemiss (Records Geol. Survey of India, XX, 1887, p. 40).

1. Série schisteuse; 2. D° grenatifère; 3. Granite; 4. Brèche volcanique; 5. Ardoises pourprées; 6. Calcaires massifs; 7. Tal (Mésozoïque); 8. Nummulitique; 9. Siwalik (Tertiaire supérieur); 10. Alluvions; 11. Failles. — Échelle de 1 : 750000.

mésozoïques et des couches à Nummulites; elle forme un vaste pli synclinal; le granite gneissique recouvre sans aucune transition l'Éocène[1].

D'après les faits actuellement connus, il est probable qu'au bord méridional de l'Himalaya, un certain nombre de grands lambeaux de roches cristallines ont été charriés sur l'Éocène.

3. Siah-Koh et Safed-Koh. — En 1892, Griesbach a montré que

1. C. S. Middlemiss, *Physical Geology of West British Garhwal* (Records Geol. Survey of India, XX, 1887, p. 26-40, 2 cartes, 1 pl.), et *Crystalline and Metamorphic Rocks of the Lower Himalaya, Garhwal and Kumaun*, Section I (Ibid., p. 134-143, 1 carte, 1 pl.) : « A quaquaversal thrust plane round the Kalogarhi centre, in post-nummulitic times » (p. 142).

le Safed-Koh, haute chaîne de montagnes qui, au Sud de la rivière de Kaboul, s'étend de l'Ouest à l'Est par 34° de lat. N. environ, doit être regardé comme un élément tectonique autonome, situé entre l'Hindou-Kouch et le Salt Range[1]. Les travaux antérieurs de Waagen et de Wynne permettaient à Griesbach de supposer que le Safed-Koh, malgré les dépressions intermédiaires, a pour prolongement tectonique les chaînons recourbés en arc de cercle du Hazara, qui de l'Ouest atteignent le rebroussement du Jhelam. Les travaux exécutés depuis dans le Hazara par Middlemiss ont confirmé cette hypothèse[2].

Entre le col de Shutargardan à l'Ouest et Muzzaffarabad à l'Est (fig. 60), nous sommes en présence d'un arc montagneux morcelé en plusieurs tronçons, au point de vue du relief extérieur, et pour lequel il n'existe pas encore de nom d'ensemble.

A l'Est, à partir du rebroussement, les montagnes du Hazara s'orientent d'abord au S.S.W., puis au S.W., et disparaissent sous les alluvions de Haripur. Toute cette région est plissée ou renversée dans la direction de l'E.S.E. ou du S.E., c'est-à-dire vers l'axe du rebroussement. On a déjà vu qu'une grande ligne de dislocation suit la direction générale, puis tourne à l'Ouest en dessinant un arc de cercle et se prolonge sur la rive droite de l'Indus jusqu'au delà de Kohat. Le long de cet accident, les terrains anciens ont été poussés vers l'extérieur, par-dessus la région tertiaire moyenne de Rawalpindi (I, p. 560). Or, cette ligne de dislocation n'est pas isolée. Middlemiss a trouvé que les montagnes du Hazara se divisent en quatre zones ou « blocs », séparées les unes des autres par des lignes analogues (failles-inverses) très nettes (fig. 61).

La première zone, la plus interne, au Nord-Ouest, comprend les terrains les plus anciens, gneiss et schistes en partie très modifiés. La seconde zone est formée de schistes anciens, de terrains mésozoïques et d'assises nummulitiques inférieures. La troisième zone débute avec le Trias; outre un groupe nummulitique très épais, elle s'étend jusqu'à la « Kuldana Series », qui termine l'Éocène. C'est alors qu'intervient la ligne de dislocation déjà signalée, au Nord de Rawalpindi. La quatrième zone commence avec les assises supérieures du groupe nummulitique et est constituée en majeure partie par des sédiments miocènes.

1. C. L. Griesbach, *The Geology of the Saféd Kóh* (Records Geol. Survey of India, XXV, 1892, p. 59-109, 2 pl. coupes). Voir à ce sujet *La Face de la Terre*, I, pl. II, p. 547.

2. C. S. Middlemiss, *The Geology of Hazára and the Black Monntain* (Mem. Geol. Survey of India, XXVI, 1896, 302 p., carte, 11 pl.).

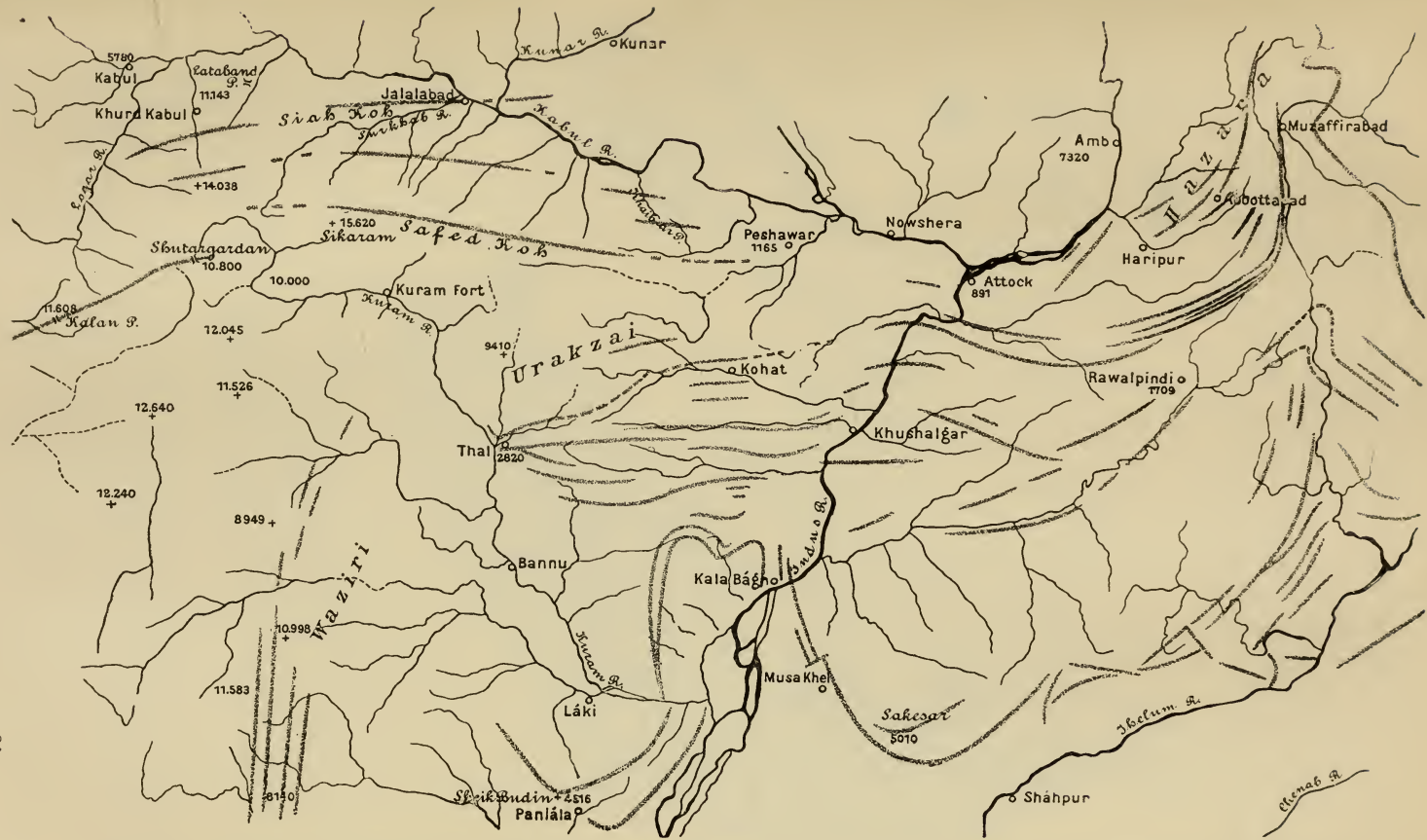


Fig. 60. — Fragments de lignes directrices entre la rivière de Kaboul et le Jhelam, d'après Griesbach, Middlemiss, H. H. Hayden, Wynne, etc. — Échelle de 1 : 2 500 000 environ. Altitudes en pieds anglais.

Cette succession de zones, commençant chacune avec des terrains de plus en plus récents, et leur séparation si nette par de grands chevauchements longitudinaux, témoignent d'une remarquable analogie de structure entre le Hazara et le Nord-Est des Alpes.

Les descriptions que Griesbach a données de la région comprise

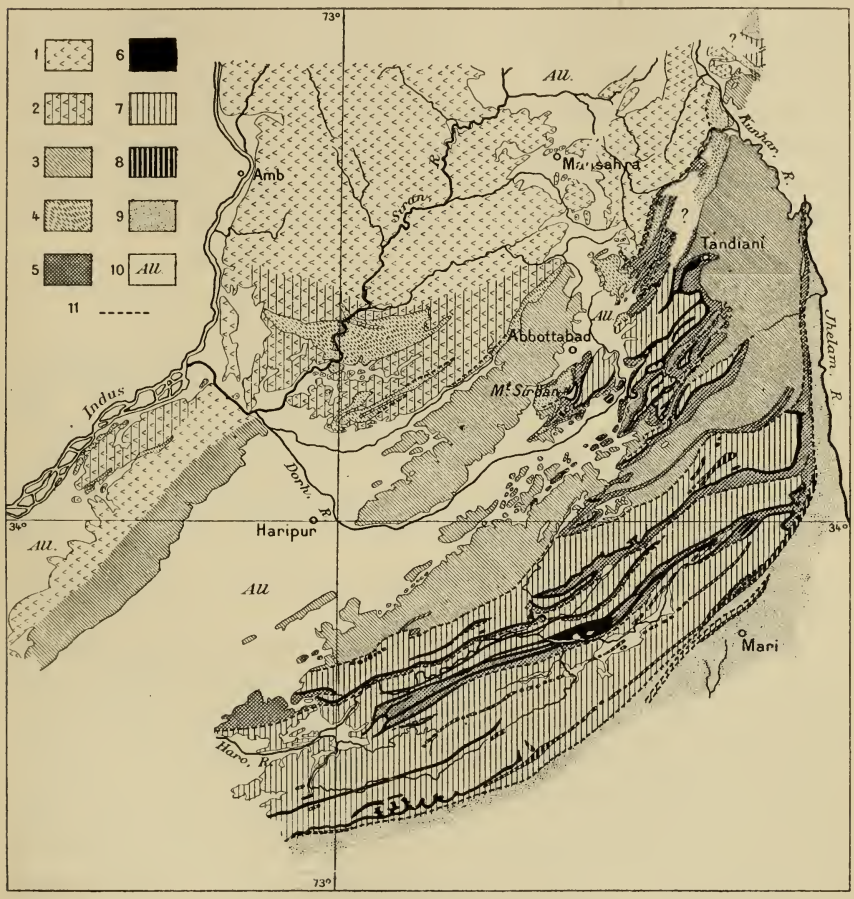


Fig. 61. Écailles du Hazara, d'après C. S. Middlemiss (Memoirs of the Geol. Survey of India, XXVI, 1896).

1. Gneiss; 2. « Tanols »; 3. Schistes ardoisiers; 4. Infra-trias; 5. Trias; 6. Jurassique et Crétacé; 7. Nummulitique; 8. Kuldana (couches de passage); 9. Murree (Miocène); 10. Dépôts meubles, Alluvions; 11. Failles. — Échelle de 1 : 750 000 environ.

entre Peshawar et la vallée du Logar, de même que les données antérieures et les dernières observations faites par Hayden dans les montagnes du Khaibar et au Sud de ce col, permettent de reconnaître les traits généraux suivants[1] :

1. A. B. Wynne, *The Trans-Indus Salt Region in the Kohât District* (Mem Geol.

Une chaîne principale de gneiss, de micaschistes et d'autres roches anciennes, venant de Kunar et probablement de beaucoup plus loin à l'Est, se dirige vers l'Ouest en franchissant le cours inférieur de la rivière de Kunar, traverse la rivière de Kaboul non loin de Jalalabad et se prolonge dans la direction de Khurd-Kaboul. Entre ces deux dernières localités, elle porte le nom de *Siah-Koh* et forme la ligne de partage des eaux entre la rivière de Kaboul et le Surkhab. Mais elle doit se continuer plus au Sud-Ouest, dans la direction de la vallée du Logar. Dans cette chaîne, les couches plongent au Nord, dans le gneiss entre Khurd-Kaboul et la vallée du Logar cette inclinaison est au Nord-Ouest. En d'autres termes, toute la chaîne est renversée vers l'extérieur, c'est-à-dire vers le

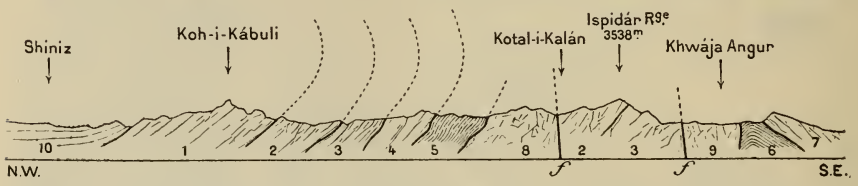


Fig. 62. — Coupe à travers les prolongements du Safed-Koh au Sud de Kaboul (Kharwar), d'après C. L. Griesbach (Records Geol. Survey of India, XXV, 1892, pt. 2, pl. I).

1. Gneiss; 2. Calcaire (carbonifère ?); 3. Schistes; 4. Calcaires métamorphiques; 5. Couches à graphite; 6. Marnes (triasiques ?); 7. Calcaires à *Lithodendron* (Rhétien); 8. Granite; 9. Roches éruptives (Trapp); 10. Alluvions; *f*, *f*, Failles.

Sud et le Sud-Est (fig. 62), de même que toutes les autres parties du Safed-Koh, dont il nous reste à parler.

Au Siah-Koh succède vers le Sud une zone de sédiments dont l'âge est probablement carbonifère. A l'Est, vers le Khaibar, s'y adjoignent des couches permiennes et sans doute toute la série mésozoïque, où l'on remarque en particulier des calcaires à *Dicerocardium* et à *Lithodendron*. A l'Ouest, la zone calcaire venant de Kunar traverse la rivière de Kaboul et la vallée du Surkhab; elle franchit le col de Lataband, et il est probable qu'au Sud-Ouest elle s'étend de même, au Sud de Khurd-Kaboul, jusque dans la vallée du Logar. Elle est percée par des massifs de syénite et de granite, et quelquefois caractérisée par la présence du rubis.

Au Sud du Siah-Koh, cette zone calcaire paraît être suivie d'une

Survey of India, Pt. 2, XI, 1875, p. 101-226, carte, 9 pl.); *Note on the Tertiary Zone and underlying rocks in the North-West Panjáb* (Records Geol. Survey of India, X, 1877, p. 107-132, carte, 1 pl.); et *A geological Reconnoissance from the Indus at Kushalgarh to the Kurram at Thal on the Afghan Frontier* (Ibid., XII, 1879, p. 100-114, carte); W. Waagen, coupe de la Rivière de Kaboul à Kalabagh par Khushalgarh (in : *Salt Range Fossils*, vol. IV, pt. 1; Palaeontologia Indica, Ser. XIII, 1889, p. 13 et suiv.). T. H. Holdich a donné une carte de la partie orientale du Safed Koh jusqu'au méridien de Kohat : *Tirah* (Geogr. Journ., XII, 1898, p. 337-361).

zone schisteuse, puis d'une nouvelle rangée de montagnes calcaires précédant la chaîne majeure, la *chaîne du Safed-Koh*. Celle-ci se dresse au-dessus de la plaine à une quinzaine de kilomètres à l'Ouest de Peshawar, mais son point culminant est situé beaucoup plus à l'Ouest, au Sikaram (4816 m.). La constitution en est fort mal connue; on n'y signale pas de gneiss; dans les parties supérieures, des schistes, des serpentines et des calcaires anciens semblent occuper de grandes surfaces.

Une grande dislocation, une faille-inverse avec chevauchement vers le Sud, à ce qu'il semble, sépare la chaîne maîtresse d'une zone mésozoïque qui vient ensuite, du côté du Sud. A l'Est, Hayden a trouvé au Sud du Safed-Koh quatre bandes parallèles, où les terrains mésozoïques, toujours renversés vers le Sud, dominent[1]. A l'Ouest, cette zone mésozoïque est connue au col de Shutargardan; de là elle se dirige au Sud-Ouest par le col de Kalan (3537 m.) vers le pays de Kharwar et la ville de Ghazni, située au Sud des sources du Logar. Ici encore, à l'Ouest, Griesbach a reconnu le chevauchement qui limite cette zone vers le Nord. Dans l'Urakzai, cette zone est disposée en écailles successives. Au Sud de cette zone, vers Kohat, on atteint le grand chevauchement que nous avons signalé dans l'Est, au Nord de Rawalpindi, sur la lisière septentrionale de la région miocène. De Kohat, il tourne au Sud-Ouest et aboutit à Thal, sur la rivière Kuram.

L'allure de ces zones parallèles, leur charriage général vers le Sud, la présence de longs chevauchements sont autant de traits communs avec le Hazara. De l'autre côté, elles se rapprochent des chaînons des Monts Suliman, qui se dirigent en droite ligne du Sud au Nord (I, p. 554). Mais Griesbach déclare que les Monts Suliman, dans le pays des Waziris, se décomposent en une série de nœuds et de chaînons isolés qui, plus au Nord, tournent peu à peu à la direction des Monts des Urakzai (au Nord-Est de Thal). Cette jonction en arc de cercle se traduit aussi par la déviation au Sud-Ouest que subit la ligne de dislocation entre Kohat et Thal et qui se manifeste à l'Ouest dans toutes les zones, dans la direction de la vallée du Logar ou du col de Shutargardan vers Ghazni.

Sur la fig. 60, on a tracé, outre les lignes dont il vient d'être question, les lignes schématiques que Waagen a indiquées pour le Salt Range. Celles-ci restent en dehors de toutes les autres. Waagen compare la région tertiaire située dans l'intervalle, au Nord du

1. H. H. Hayden, *On the Geology of Tirah and the Bazár Valley* (Mem. Geol. Survey of India, XXVIII, pt. 1, 1898, p. 96-117, pl. V-VI).

Salt Range, à la plaine mollassique de la Suisse et le Salt Range à la chaîne du Jura. Nous avons déjà vu dans quelle mesure le voisinage de l'avant-pays se fait sentir en ce lieu [1].

En résumé, le résultat de ces pénibles travaux sur la région comprise entre la rivière de Kaboul et le Jhelam, travaux qui font tant d'honneur à tous ceux qui y ont pris part, est le suivant :

Toute la région est sous l'influence d'un mouvement général, dirigé dans le Hazara vers l'Est, près de Jalalabad vers le Sud, puis vers le Sud-Est, et dans les Monts des Waziris vers l'Est. Les chaînes, étroitement serrées les unes contre les autres à l'approche du rebroussement de l'Himalaya, c'est-à-dire vers le Jhelam, entre Muzaffirabad et Rawalpindi, divergent dans la direction de l'Ouest. Le premier groupe forme le Siah-Koh et le Safed-Koh, avec leurs prolongements alignés au S. W. Le second groupe passe par Khushalgarh et Kohat et se coude brusquement dans les Monts des Urakzai et aux environs de Thal, où il est remplacé par les chaînons Nord-Sud des Monts des Waziris et le faisceau des Monts Suliman. Un troisième groupe correspond aux accidents du Salt Range, qui dessinent deux courbes séparées par le renfoncement de Kalabagh. Le Salt Range est donc une annexe des chaînes iraniennes, et l'on ne saurait y voir, comme je l'avais admis jusqu'à présent, une sorte de palier irrégulier précédant l'Hindou-Kouch.

4. Sewestan. — A l'Ouest de Thal, Wynne a trouvé des roches éruptives. Un peu plus au Sud, en allant de Bannu dans la vallée du Tochi vers l'Ouest, Smith a rencontré d'abord les conglomérats de Siwalik, plongeant fortement vers l'Est sous les alluvions de la plaine, et suivis régulièrement à l'Ouest par les étages antérieurs de la série tertiaire, puis par le terrain crétacé [2]. Smith a été surpris de la ressemblance de structure entre ce territoire et les montagnes situées à 300 kilomètres plus au Sud, à l'Ouest de Dera-Ghazi-Khan. Plus en amont, dans la vallée du Tochi, apparaissent des serpentines et des gabbros, puis des trachytes et des amygdaloïdes basaltiques qui, au point de vue de l'âge, semblent s'intercaler entre le sommet du terrain crétacé et l'Éocène moyen. Il y aurait

1. Waagen, *Salt Range Fossils*, IV, p. 28 et 32. [Pour une discussion des récents travaux stratigraphiques dont cette région a été l'objet, voir F. Noetling, *Beiträge zur Geologie der Salt Range, insbesondere der permischen und triassischen Ablagerungen* (Neues Jahrb. f. Min., XIV. Beilage-Bd., 1901, p. 369-471, 2 tableaux).]

2. F. H. Smith, *On the Geology of the Tóchi Valley* (Records Geol. Survey of India, XXVIII, 1895, p. 106-110, pl. 3 : coupes) ; H. H. Hayden, *On Some Igneous Rocks from the Tóchi Valley* (Ibid., XXIX, 1896, p. 63-69).

donc jusque-là, et cette circonstance mérite d'être notée, des produits éruptifs se plaçant à peu près sur l'horizon des trapps du Dekkan.

Les chaînes du Suliman (I, p. 555), dont La Touche a dernièrement donné une carte partielle, figurant les régions culminantes[1], se détachent dans ces parages de l'arc iranien principal, en isolant

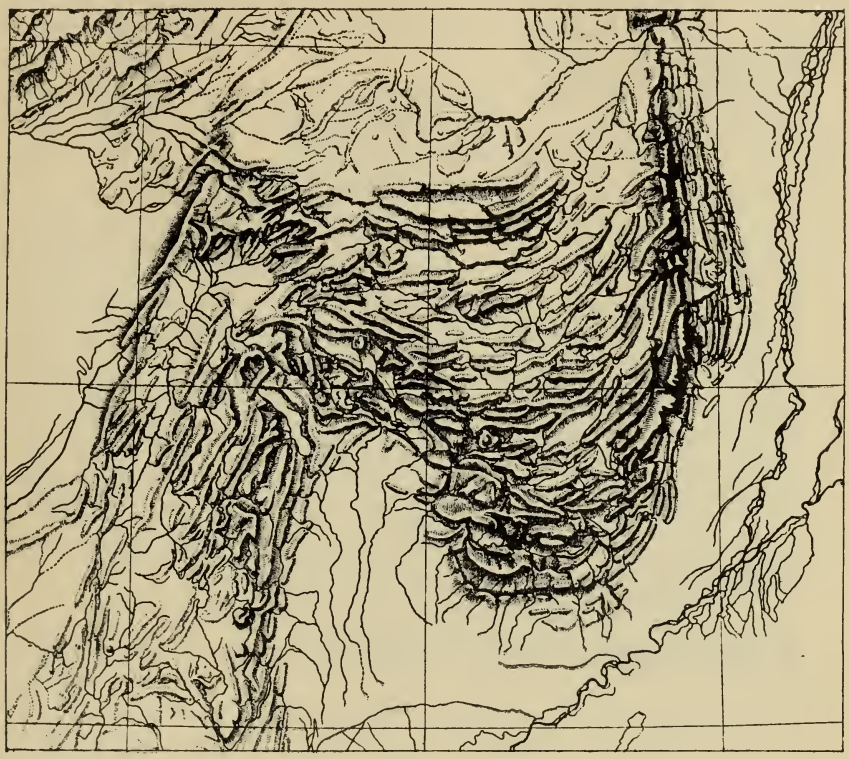


Fig. 63. — L'arc du Sewestan, d'après la feuille 44 de l'*Atlas Universel de Géographie* de Vivien de Saint-Martin et Fr. Schrader, dessinée par G. Bagge (Épreuve communiquée par MM. Hachette et Cie, éditeurs). — Échelle de 1 : 5 000 000.

du côté de l'Est un petit territoire distinct auquel on peut donner le nom de *région du Sewestan* (fig. 63).

La direction des chaînes du Suliman, qui est presque exactement N. S. au Takht-i-Suliman, tourne au S.S.W. avant d'atteindre le 30e parallèle, et entre 28° et 29° de lat. N. le bord externe des croupes moins élevées qui les prolongent s'oriente de l'E. à l'W. A partir de là, cette bordure, interrompue à plusieurs reprises par des anticli-

1. T. D. La Touche, *Geology of the Sherani Hills* (Records Geol. Survey of India, XXVI, 1893, p. 77-96, carte, 5 pl.). Ce mémoire renferme (p. 93) quelques remarques intéressantes sur le rebroussement du Nord.

naux plus saillants, recule très loin au Nord-Ouest, en dessinant un angle rentrant, puis rencontre les chaînes méridiennes qui séparent le Baloutchistan de l'Indus. C'est dans cet angle rentrant que passe la route du col de Bolan et de Quetta.

A l'intérieur de l'espace ainsi délimité, de multiples faisceaux de plis exécutent la même conversion, vers le W. N.l'W. et enfin le N.N.W., comme le montrent nettement les levés géologiques de Thal-Chotiali[1] (fig. 64).

La plupart du temps, ces faisceaux de plis ont une structure simple, et ce n'est guère qu'au bord sud-est de la région qu'il semble se produire un renversement. Comme dans les hautes chaînes du Suliman, ils sont formés en majeure partie de couches tertiaires et crétacées. Le plus ancien étage visible est un calcaire compact, dans lequel Lala Kishen Sing a trouvé des Ammonites. Noetling y a signalé la présence du *Macrocephalites macrocephalus*, en montrant que ce niveau correspond au « Chári Group » de Waagen, dans le Katch[2]. Il résulte en outre des recherches de Noetling que dans cette région, au-dessus du Néocomien à *Belemnites latus*, vient du Sénonien supérieur, sans l'intermédiaire des dépôts crétacés moyens qui sont si développés dans le Nord de l'Afghanistan.

Un échantillon isolé, provenant de la vallée d'un des affluents du Zhob, dans le Nord du Sewestan, a permis à Mojsisovics d'annoncer la présence de l'étage alaunique du Trias supérieur[3].

5. Afghanistan et Iran. — Portons nos regards sur le col de Bolan et les environs de Quetta. Dans cette région, ce ne sont pas seulement les plis du Sewestan, incurvés au N.W., et ceux des chaînons méridionaux de l'Indus, dirigés N.-S., qui se rencontrent. La carte du territoire compris entre Sibi et Girishk, par Griesbach, montre avec netteté comment, jusqu'au delà de Kandahar et jusqu'à l'Hilmend, se succèdent des chaînes et des tronçons de chaînes

1. R. D. Oldham, *Report on the Geology and Economic Resources of the Country adjoining the Sind-Pishin Railway between Sharigh and Spintangi* (Records Geol. Survey of India, XXIII, 1890, p. 93-110, carte), et *Report on the Geology of Thal Chotiáli and part of the Mari Country* (Ibid., XXV, 1892, p. 18-29, carte et 5 pl.); C. L. Griesbach, *On the Geology of the Country between the Chappar Rift and Harnai in Baluchistán* (Ibid., XXVI, 1893, p. 113-147, carte et 3 pl.).

2. Fr. Noetling, *The Fauna of the Kellaways of Mazár Drik* (Palaeontologia Indica, Ser. XVI, Baluchistan, vol. I, pt. 1, 1895, 22 p., 13 pl.), et *Preliminary Report on the Western Mari Hills and Zhob Valley* (General Report Geol. Survey of India for 1898-99, p. 50-63).

3. *Didymites afghanicus*; Edm. v. Mojsisovics, *Beiträge zur Kenntniss der obertriadischen Cephalopoden-Faunen des Himálaya* (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturw. Cl., LXIII, 1896, p. 611). L'échantillon avait été envoyé par M. Griesbach.

qui toutes s'orientent parallèlement du N.E. au S.W. [1]. Elles proviennent sans doute de l'espace compris entre le Safed-Koh et l'extrémité septentrionale des chaînes du Suliman. Elles coupent en biais l'arc du Sewestan, limitent cette région au Nord-Ouest et arrivent avec leur direction S.W. à l'Ouest de Quetta. Elles sont également indépendantes des chaînes de l'Indus, qui courent du Nord

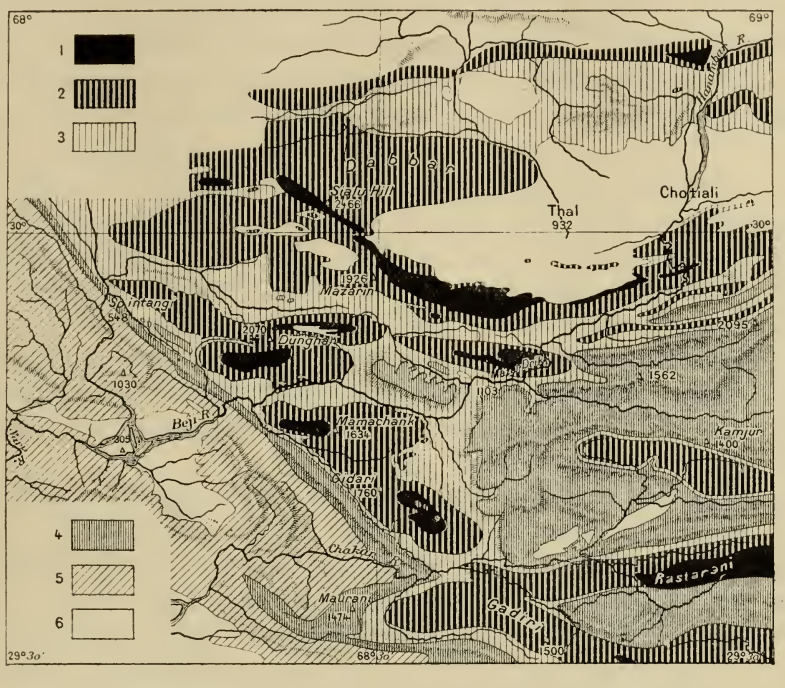


Fig. 64. — Environs de Thal-Chotiali (Baloutchistan Britannique), d'après R. D. Oldham (Records Geol. Survey of India, XXV, 1892, p. 18).

1. Calcaires massifs et couches à Bélemnites (Crétacé); 2. Dunghan (Couches de passage); 3. Gházij; 4. Spintangi (Tertiaire inférieur); 5. Siwalik (Tertiaire supérieur); 6. Quaternaire et alluvions. — Échelle de 1 : 1 000 000.

au Sud (Monts Hala, Khirthar et Laki; I, p. 553). D'ailleurs, la première chaîne importante qu'on trouve au Nord-Ouest de Quetta, la chaîne des Monts Kojak, n'appartient pas à ce groupe, mais à celui des chaînes de l'Indus.

Les chaînes de l'Indus s'amorcent comme un nouveau faisceau de plis, dont la largeur augmente rapidement vers le Sud. Il ressort des observations très instructives de Vredenburg sur la bordure du bassin fermé que le prolongement méridional de la chaîne des Monts Kojak est situé à l'Est de Nushki. De ce point jusqu'aux alluvions de

1. C. L. Griesbach, Mem. Geol. Survey of India, XVIII, part 1, 1881, en particulier p. 4-9.

l'Indus, en passant par Kélat, la largeur de la bande plissée atteint déjà 150 kilomètres environ. La chaîne orientée S.S.W. qui forme à partir de Nushki le bord sud-est de la plaine de Kharan, atteint une altitude supérieure à 9 000 pieds [2 750 m.]. Tandis qu'au col de Bolan les calcaires éocènes et crétacés dominent, l'on voit ici des montagnes de Flysch éocène. A partir de Nushki, leurs chaînons s'écartent de plus en pluset tournent en même temps au S.W., à l'W. et enfin au N.W., en enveloppant le Hamun-i-Mashkel vers le Sud. D'autres rangées, dessinant une courbe moins tendue, intermittente, achèvent d'isoler ce bassin fermé, en le séparant au Nord de la cuvette beaucoup plus vaste du Goad-i-Zirreh et de l'Hilmend[1].

En général, les chaînes ont la structure de plis très réguliers, déjetés vers le Sud, et parfois découpés en écailles. Mais dans quelques exemples examinés de plus près, Vredenburg a constaté que *quand une dépression existe au Nord d'un pli, le déjettement change de sens et tourne au Nord, c'est-à-dire vers la dépression.*

De grandes intrusions de granite et de diorite pénètrent jusque dans les assises les plus récentes de la série nummulitique, mais on en trouve les éléments à l'état de cailloux roulés dans les couches de Siwalik, qui lui succèdent.

En même temps que Vredenburg, A. H. Mc Mahon a parcouru ces régions ; les échantillons recueillis ont été étudiés par C. A. Mc Mahon et Th. Holland. Les roches intrusives du versant occidental des Monts Kojak sont des granitites à biotite et à hornblende ; elles se prolongent au Sud-Ouest dans les Monts Sarlat et apparaissent aussi dans les reliefs situés entre l'Hilmend et le Mashkel. Des diorites quartzifères et des diorites micacées à augite s'y associent et ont été retrouvées jusqu'au point extrême atteint du côté de l'Ouest (29° 50′ de lat. N., 60° 55′ de long. E.), dans les chaînes persanes, orientées N.W.[2].

1. E. Vredenburg, *Baluchistan Desert* (General Report Geol. Survey of India for 1898-99, p. 63-68 et 1899-1900, p. 50-52). [Voir aussi Report for 1900-1901, p. 30-35; et *A Geological Sketch of the Balúchistán Desert and part of Eastern Persia* (Mem. Geol. Survey of India, XXXI, part 2, 1901, p. 180-302, pl. IV-XVI, et 3 cartes).] Une représentation d'ensemble des plis est donnée par les cartes de T. H. Holdich, *The Perso-Baluch Boundary* (Geogr. Journ., IX, 1897, p. 416-422), et *An Orographic Map of Afghanistan and Baluchistan* (Ibid., XVI, 1900, p. 527-531).

2. A. H. Mc Mahon, *The Southern borderlands of Afghanistan* (Geogr. Journ., IX, 1897, p. 393-415); C. A. and A. H. Mc Mahon, *Notes on some Volcanic and other Rocks, which occur near the Baluchistan-Afghan Frontier, between Chaman and Persia* (Quart. Journ. Geol. Soc., LIII, 1897, p. 289-309, carte); Th. H. Holland, *An Account of the Geological Specimens collected by the Afghán-Balúch Boundary Commission of 1896* (Records Geol. Survey of India, XXX, 1897, p. 125-129, pl. XV : carte; voir aussi même vol., p. 252, 253).

A côté de ces roches éruptives anciennes, il existe des dislocations tout à fait récentes.

Les Monts Kojak sont traversés par un tunnel de chemin de fer, à l'extrémité ouest duquel se trouve la station de Sanzal. Le 20 décembre 1892 se produisit un violent tremblement de terre, et l'on vit s'ouvrir au voisinage de Sanzal, sur le parcours d'une dépression du sol correspondant à une ancienne fente, une fissure très longue. Griesbach a décrit les accidents qui ont affecté la voie ferrée au point de croisement. La fissure courait N.E.-S.W; les employés de la ligne n'ont trouvé l'extrémité de la fente ni dans un sens, ni dans l'autre[1].

D'après A. H. Mc Mahon, cette fente traverse en biais la crête de la chaîne principale en s'élevant jusqu'à 7 000 pieds [2 130 m.], atteint alors une vallée, coupe obliquement les versants de plusieurs contreforts des Monts Kojak, et jalonne le pied des Monts Sarlat sur toute leur longueur jusqu'à Nushki. Là, après un parcours de 180 kilomètres environ, son extrémité n'a pas encore été reconnue. Elle a souvent l'aspect d'une tranchée de chemin de fer et on l'utilise en certains points comme route. *Ce serait donc une vraie ligne disjonctive, de formation contemporaine.*

Dans la chaîne de Sarlat, à l'Ouest de la fente, se montrent des cendres volcaniques. C'est le début d'une longue série de pointements de cendres, de ponces et de laves, principalement andésitiques, qui montrent que les Monts Chagai, entre l'Hilmend et le Mashkel, malgré la présence locale de roches anciennes, sont en majeure partie d'origine volcanique.

A ces observations se rattachent très heureusement les renseignements donnés par Blanford sur la région comprise entre la côte et Kirman, renseignements dont il a déjà été question au t. I (p. 552). Plusieurs des chaînes infléchies au N.W. sont accompagnées de grands volcans. Les Monts Chagai ne forment que la zone la plus interne, orientée E.-W.; les autres groupes ou chaînes volcaniques sont situés en dedans des chaînes dirigées N.W. Une première chaîne de ce genre est celle des grands cônes volcaniques appelés *Koh-i-Basman* et *Koh-i-Naushada*. Ce dernier, qui porte aussi le nom de Koh-i-Taftan, a été gravi par Sykes; son altitude est de 12 800 pieds environ [3 820 m.], 13 500 pieds d'après la carte de Holdich [4 114 m.], et son cratère, en 1894, était rempli de vapeurs chaudes sulfureuses[2].

1. C. L. Griesbach, *Notes on the Earthquake in Baluchistán on the 20th December, 1892* (Records Geol. Survey of India, XXVI, 1893, p. 57-61, 3 pl.).

2. P. Molesworth Sykes, *Recent Journeys in Persia* (Geogr. Journ., X, 1897, p. 568-

Une seconde zone correspond aux pointements signalés par Blanford entre Bampour et Bam ; peut-être le *Koh-Hazar* (14 500 pieds [4 420 m.]), entre Bam et Kirman, en fait-il encore partie. Là nous arrivons au domaine des travaux étendus de Stahl ; ces études nous montrent sans doute que dans les montagnes courant au N.W., à partir de Kirman, on n'a pas trouvé jusqu'à présent de cendres et de laves récentes, mais qu'elles reparaissent sur un grand nombre de points dans une chaîne située plus à l'Ouest, celle qui court à l'Ouest de Bahramabad et de Yezd, et qu'elles s'étendent même jusqu'au delà de Koum (35° de lat. N.)[1]. Sur les cartes de Stahl, on voit en outre que les longues coulisses partant de Kirman et du bord occidental du grand désert de Dacht-i-Lout possèdent déjà la direction N.W. caractéristique des chaînes du Zagros. Toutefois, il ne semble pas qu'elles représentent autant de voûtes régulières : une chaîne ne présente sur de longues distances que des couches plongeant au S.W., comme si elle ne correspondait qu'à la moitié d'un anticlinal, une autre affecte une structure synclinale, etc.

La série des couches est différente de celle des chaînes extérieures de l'Iran. Les épais calcaires à Nummulites et Alvéolines qui, superposés aux calcaires à Hippurites, s'étalent à partir du col de Bolan dans les chaînes de l'Indus, forment les faisceaux de plis méridionaux du Baloutchistan et la plus grande partie des chaînes du Zagros jusqu'en Mésopotamie. Dans les chaînes internes, les calcaires à Hippurites existent bien encore, mais au-dessous, les terrains antérieurs prennent un grand développement. Plusieurs étages du terrain jurassique sont connus, et dès le voisinage de Kirman, dans les Monts Durmanou, de la houille et des couches à empreintes végétales sont associées à des bancs d'origine marine à *Goniomya* et *Pecten*. Ce sont ces mêmes couches à empreintes végétales, attribuées tantôt à divers étages du Lias et tantôt à l'étage rhétien, mais qui probablement n'appartiennent pas toujours exactement au même horizon, qui s'étendent à partir de là sur le Nord de la Perse et le Caucase, puis que l'on retrouve dans les Balkans, en Serbie, dans les Alpes Orientales (faciès des couches de Gresten), jusqu'au delà de Bayreuth et plus loin encore[2].

597) ; voir aussi sa note, Quart. Journ. Geol. Soc., LIII, 1897, p. 292-293 ; E. Vredenburg donne quelques détails sur les volcans récents (General Report Geol. Survey of India for 1898-99, p. 67) [et Mem., XXXI, pt. 2, 1901, p. 270-287, pl. IV, XIV-XVI, et cartes 2-3].

1. A. F. Stahl, *Reisen in Nord- und Zentral-Persien* (Petermanns Mitteil., Ergänzungsheft Nr. 118, 1895, 39 p., 3 cartes), et *Zur Geologie von Persien; Geognostische Beschreibung von Nord- und Zentral-Persien* (Ibid., Ergänzungsheft Nr. 122, 1897, 72 p., 3 cartes, 1 pl. de coupes).

2. Voir un bon aperçu dans Frid. Krasser, *Ueber die fossile Flora der rhätischen*

Dans la même coulisse apparaît, au Sud d'Abdid (par environ 57° de long. E. et 31° 10′ de lat. N.), au-dessous des calcaires crétacés, du Dévonien à Tentaculites et à *Spirifer Archiaci*[1].

Sous cette latitude, les terrains paléozoïques ne manquent pas d'ailleurs dans les chaînes du Zagros, du côté interne; c'est ce qui résulte des voyages de Rodler dans le Louristan[2]. Vers le Nord-Ouest, ils se rattachent à la grande région schisteuse de l'Irak; quelques pointements isolés de granitite se présentent, et finissent par aboutir au grand massif granitique de l'Elvend, près de Hamadan, et aux contrées dont il a déjà été question d'après les données de Loftus, Tietze et Wähner (I, p. 653). La constance de la direction N.W. est confirmée plus au Nord par les travaux de Frech et Arthaber en Arménie[3].

Nous avons vu que les Monts Kojak, au Nord-Ouest de Quetta font partie des chaînes de l'Indus, dont les branches orientales longent ce fleuve en se dirigeant du N. au S. tandis que les branches occidentales, s'écartant de plus en plus vers le S.W., entourent les bassins fermés du Mashkel et de l'Hilmend en décrivant une grande courbe, puis se prolongent au Nord-Ouest. A ces prolongements N.W. appartiennent en fait les chaînes de Kirman et de Yezd, et plus à l'Ouest, l'ensemble des chaînes du Zagros, le long du Golfe Persique et jusqu'au rebroussement de l'Arménie. Il se trouve en même temps, et cette circonstance est remarquable, qu'au

Schichten Persiens (Sitzunsgber. k. Akad. Wiss. Wien, C, 1891, Abth. 1, p. 413-432); pour l'extension de ces dépôts, voir la carte de Pompeckj, Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., XLIX, 1897, p. 828).

1. A. F. Stahl, Mém. cité, p. 63 et 68. [Sur la route de Kachan à Ispahan, entre Kohrud et Soh, J. de Morgan a recueilli un certain nombre de fossiles permiens marins, analogues à ceux du Salt Range, une ammonite aptienne, enfin une faune éocène (Lutécien) très riche (H. Douvillé, Comptes rendus VIIIe Session Congrès géol. Internat. en France, 1er fasc., Paris-Lille, 1901, p. 442).]

2. A. Rodler, *Bericht über eine geologische Reise im westlichen Persien* (Sitzungber k. Akad. Wiss. Wien, XCVIII, 1889, Abth. I, p. 28-39), et *Brief aus Sultanabad* (Anzeiger k. Akad. Wiss. Wien, 18. Oct. 1888); une carte du pays des Bakhtyaris, sur laquelle apparaît nettement la tendance de toutes ces chaînes à s'orienter au N. W., est donnée par H. A. Sawyer, *The Bakhtiari Mountains and Upper Elam* (Geogr. Journ., IV, 1894, p. 481-505). Dans ce mémoire, on signale également la présence de granite et même d'un volcan récent. [Voir aussi la *Carte de l'Elam* de J. de Morgan, *Mission Scientifique en Perse, I, Études géographiques*, atlas in-f°, Paris, 1895. Les nombreux fossiles rapportés du Pays des Bakhtyaris et du Louristan par cet explorateur ont permis à H. Douvillé d'y reconnaître la présence d'une faune de Rudistes associée aux *Loftusia*, que l'on avait jusqu'à présent considérés comme éocènes, et de deux niveaux appartenant à la Craie supérieure (couches à Oursins et couches à Cérites), dont la richesse en fossiles est extraordinaire (Comptes rendus VIIIe Session Congrès géol. Internat., p. 442-446).]

3. Fr. Frech und G. v. Arthaber, *Ueber das Paläozoicum in Hocharmenien und Persien, mit einem Anhang über die Kreide von Sirab in Persien* (Waagen und Arthaber's Mittheil. Paläont. Inst. Universit. Wien, XII, 1900, p. 157-308), pl. XV-XXII, carte géol.)

point de courbure maximum de ces longues chaînes, dans le Baloutchistan et l'Afghanistan, on ne connaît jusqu'à présent que des sédiments récents, et c'est seulement dans leurs prolongements N.W., dans les coulisses de Kirman et du Louristan et plus au Nord-Ouest encore, qu'apparaissent des terrains paléozoïques, et d'une façon générale des terrains anciens. Kurrachee (25° de lat. N.), au voisinage des bouches de l'Indus, n'indique pas la limite vers le Sud des arcs du Baloutchistan, qui continuent sous la mer. Et pourtant ce point est situé à 8 ou 9 degrés de latitude plus au Sud que la zone externe du rebroussement sur le Jhelam. C'est donc d'autant que l'arc iranien s'est avancé vers le Sud, par rapport à l'Himalaya. Le bord externe du rebroussement arménien, à la rencontre

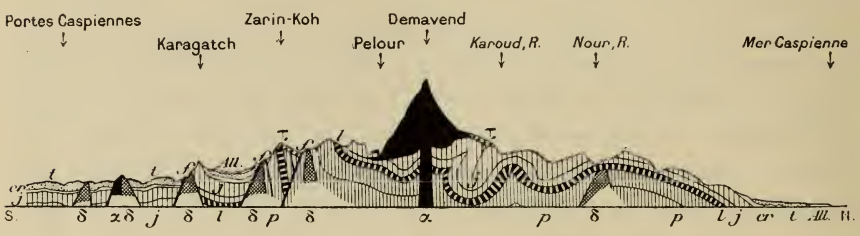


Fig. 65. — Coupe de la chaîne de l'Elbourz passant par le Demavend, d'après A. F. Stahl (Petermanns Mitteil., Ergänzungsheft Nr. 122, 1897, pl. 4, fig. V).

p, Terrains primaires; *l*, Lias; *j*, Terrain jurassique moyen et supérieur; *cr*, Terrain crétacé; *t*, Terrains tertiaires; *all*, Alluvions : δ, Diorite et diabase ; α, Andesite, basalte, trachyte; τ, Tufs volcaniques. — Échelle des longueurs 1 : 1 000 000; hauteurs 1 : 25 000.

des chaînes iraniennes et du faisceau du Taurus, se trouve compris, aux environs de Diarbékir, entre 37° et 38° de lat. N., et ces parties de l'arc orientées N.W. reculent par conséquent plus encore vers le Nord que les chaînes méridiennes du Suliman et de l'Indus ne s'étaient avancées vers le Sud. Les arcs éocènes du Baloutchistan acquièrent par là dans l'édifice iranien une situation excentrique, au Sud-Est. Mais dans l'Iran, on constate qu'à l'extrême Nord-Ouest, *un arc secondaire*, *la chaîne de l'Elbourz*, *se dresse* sur le bord sud de la Mer Caspienne, *comme un faisceau presque indépendant.*

Il résultait déjà des travaux antérieurs, et en particulier de ceux de Tietze, que l'Elbourz est un arc de type central-asiatique refoulé vers le Sud (1, p. 653), comprenant des plis étroitement serrés que recoupent souvent des failles et auxquels est superposé le cône volcanique du Demavend (fig. 65). Les travaux de Stahl fournissent de nombreux détails sur certaines parties de l'Ouest, du Centre et de

Fig. 66. — L'arc de l'Elbourz, d'après A. F. Stahl (Petermanns Mitteil., Ergänzungsheft Nr. 122, 1897, carte I).

1. Schistes cristallins; 2. Terrains primaires; 3. Granite, Syénite, Porphyre; 4. Diabase, Diorite, etc.; 5. Lias: 6. Jurassique moyen et supérieur; 7. Crétacé; 8. Eocène et Oligocène; 9. Néogène; 10. Basalte et Trachyte; 11. Tufs volcaniques; 12. Alluvions; AA', Trace de la coupe (fig. 65). — Échelle de 1 : 3 000 000.

l'Est de la chaîne (fig. 66), mais deux régions situées entre ces trois districts demeurent malheureusement inconnues [1].

A l'Ouest, où l'Elbourz se prolonge dans les Montagnes de Ghilan se dresse au Sud de l'embouchure du Sefid Roud le large cône volcanique du Doulfak ; au Sud de ce cône, à Oumoum, il y a des bombes volcaniques. Dans l'intérieur viennent ensuite des terrains plissés. Au Sud de l'Elbourz, les formations volcaniques reparaissent, masquant les terrains plissés, et ces épanchements se poursuivent à l'intérieur de l'Elbourz jusqu'au Demavend. En même temps, dans le tronçon médian, le flanc nord des anticlinaux internes continue à être tourné vers la Caspienne. A l'Est, le versant nord de l'Elbourz s'abaisse vers la plaine du bas Atrek, grâce à une série de failles qui ont morcelé les plis.

Il ne semble pas que le cône du Doulfak indique, à l'Ouest, l'extrémité de la chaîne plissée. Au contraire, les voûtes et les fonds de bateau continuent à travers le Ghilan et le long du versant sud de la vallée de la Koura, et leurs pentes septentrionales, d'après Sjögren [2] et Valentin [3], sont formées par des anticlinaux crétacés.

C'est ainsi que la partie occidentale de l'Elbourz se rattache étroitement par sa direction aux chaînes du Zagros et aux autres coulisses iraniennes ; le Karaghan, chaînon orienté N.W. de roches volcaniques et de couches tertiaires moyennes (méditerranéennes) plissées, joue d'ailleurs le rôle d'intermédiaire vis-à-vis de ce faisceau. Quant à la partie orientale de l'arc, elle abandonne complètement cette direction et tourne en longeant les déserts du Khorassan.

L'arc iranien présente en conséquence deux concavités s'ouvrant vers le Nord : la première correspond au désert du Registan et au bassin hydrographique de l'Hilmend; la seconde, située beaucoup plus au Nord, à la partie méridionale de la Mer Caspienne.

6. Hindou-Kouch (I, p. 579, 622). — Cet arc puissant qui, partant du Pamir, projette ses coulisses jusqu'à la Mer Caspienne et

1. A. F. Stahl, Petermanns Mitteil., Ergänzungsheft Nr. 122, 1897 ; en particulier p. 19, 42 et coupe VIII. [Voir aussi J. de Morgan et Douvillé, Mém. cité, p. 440-442].

2. Hj. Sjögren, *Om bildningen af Kaspiska hafvets bäcken* (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., X, 1888, p. 49-74).

3. J. Valentin, *Bericht über meine Reise nach Tiflis und die Theilnahme an der Raddeschen Expedition in der Karabagh-Gau, Sommer 1890* (Bericht Senckenberg. Naturf. Ges., Frankfurt a. M., 1891, p. 159-239, pl. I-II : carte et coupes; en particulier p. 197). Pour les grands volcans voisins, voir aussi H. Sjögren, *Beitrag zur Geologie des Berges Savelan im nördlichen Persien* (Verhandl. Russisch-k. Mineralog. Ges., 2. Ser., XXIV, 1888, p. 36-66).

là vient se rattacher au Caucase, a été soulevé, d'après l'opinion de Mouchkétov, par les mouvements mêmes qui ont fait naître les branches du Tien-Chan[1]. Toutes les circonstances que je connais me paraissent confirmer cette manière de voir. Il en résulterait que le grand phénomène que nous avons l'habitude de désigner sous le nom de virgation du Tien-Chan ne s'arrête pas au prolongement du Moustagh-Ata vers le Nord, mais empiète sur le Pamir. Nous pouvons même constater que tout le Centre et l'Ouest du Pamir lui appartiennent.

La carte du Pamir de Curzon figure l'Hindou-Kouch à l'état de chaîne indépendante, au Nord-Ouest de Chitral, jusqu'au voisinage immédiat de Kala-i-Pandj, et de même qu'Ivanov, l'éminent auteur attribue encore le col de Baroghil (par environ 73° 30′ de long. E., 3797 m.) à l'Hindou-Kouch[2]. Si l'on reporte sur cette carte les directions observées par Stoliczka dans le gneiss et dans les schistes anciens, on remarque que la direction N.E. de l'Hindou-Kouch persiste encore, en traversant obliquement la rivière Pamir, jusque vers Yol-Mazar, à mi-chemin environ du lac Victoria. Sur le cours supérieur de l'Ab-i-Pandj règne au contraire la direction W.N.W., comme si, au Nord du col de Baroghil, l'Hindou-Kouch ou une chaîne parallèle plus septentrionale allait se raccorder avec une zone gneissique venant des Monts Moustagh au Sud-Est. Il y aurait ainsi dans le Pamir une répétition de ce qui se passe pour le Nan-Chan et l'Anembar-Oula; mais les observations ne suffisent guère pour formuler un jugement définitif à cet égard. En tout cas, il semble qu'au point de vue tectonique les sources de l'Oxus sont déjà situées en dehors de l'Hindou-Kouch et à l'extrémité du domaine du Moustagh[3].

Le Safed-Koh arrive, comme nous l'avons vu, avec une direction presque exactement E.-W. du rebroussement du Hazara (fig. 60). Quoique cette chaîne subisse une déviation à l'W.S.W., la direction S.W.-N.E. de l'Hindou-Kouch, qui vient du Pamir, en diffère beaucoup; aussi Griesbach, à qui l'on doit la plupart des données précises concernant la région de Kaboul, a-t-il souvent exprimé l'opinion qu'il doit exister entre le Safed-Koh et l'Hindou-Kouch un massif archéen autonome.

1. I. V. Mouchkétov, *Aperçu de la constitution géologique du territoire transcaspien*, r. (Verhandl. Russisch-k. Mineralog. Ges., 2. Ser., XXVIII, 1891, p. 391-429, carte géol.).

2. G. N. Curzon, *The Pamirs and the Source of the Oxus* (Geogr. Journ., VIII, 1896, p. 15-54, 97-119, 239-264, carte).

3. W. T. Blanford, *Scientific Results of the Second Yarkand Mission; based upon the Collections and Notes of the late* F. Stoliczka. *Geology*. In-4°, Calcutta, 1878, p. 38 et suiv.

L'Hindou-Kouch s'incurve parallèlement à la grande concavité orientale de l'Iran; mais ses prolongements conservent leur indépendance par rapport à la concavité occidentale, au Sud de la Mer Caspienne, et ce trait est caractéristique des Altaïdes.

A plusieurs reprises, nous avons signalé la présence dans cette région de granites amphiboliques et d'autres roches éruptives d'âge crétacé (I, p. 556, etc). Des roches tout à fait analogues se présentent sur les bords du lac de Kaboul et forment les hauteurs qui s'élèvent au Nord de cette ville[1]. Griesbach les a reconnues jusqu'à Charikar, au voisinage de la vallée de Ghorband, qui borde au Sud le pied de la chaîne principale de l'Hindou-Kouch. Le versant méridional de cette même chaîne est formé par un calcaire gris clair, succédant en concordance apparente à des roches métamorphiques ou à des schistes contenant du graphite.

Le point le plus oriental de l'Hindou-Kouch sur lequel on possède, à ma connaissance, des indications géologiques[2] a été décrit en 1838 par Lord. Il s'agit du versant sud du col de Ghorband, situé sur le méridien de Kaboul. En remontant, Lord trouva des micaschistes plongeant d'abord au N.W., c'est-à-dire vers l'intérieur des montagnes, puis devenant verticaux, ensuite du gneiss et une nouvelle bande de schistes injectés de granite; le lendemain, les gneiss et les micaschistes continuèrent, tantôt inclinés vers l'amont et tantôt verticaux; enfin, à peu de distance du sommet du col, il arriva au pied de hautes murailles granitiques, si escarpées que la neige ne pouvait s'y maintenir. Un granite blanc avec des cristaux noirs de hornblende, parfois groupés en amas arrondis, forme sur ce point le noyau de l'Hindou-Kouch[3].

Les observations de Griesbach, qui commencent un peu à l'Ouest de cet itinéraire, confirment ces renseignements.

Le sommet du col de Chahardár (4 300 m.) est sur le même granite, englobant un lambeau de marbre blanc, grenu. Là encore, le granite amphibolique forme sur une grande largeur la chaîne principale de l'Hindou-Kouch. On y trouve aussi des micaschistes et des gneiss, qui sont recoupés par ce granite. Au pied sud d'un second col succédant au Chahardar vers le Nord-Ouest, le Kotal-Fazak, affleure un

1. C. L. Griesbach. *Field-Notes from Afghanistán : (No 4)-from Turkistán to India* (Records Geol. Survey of India, XX, 1887, p. 17-26).

[2. La présence de Polypiers et de Brachiopodes dévoniens vient d'être signalée plus à l'Est, dans la vallée de Chitral; C. A. Mc Mahon and W. H Hudleston, *Fossils from the Hindu Khoosh* (Geol. Mag., Dec. 4, IX, 1092, p. 3-8 et 49-58, pl. II-III).]

3. P. B. Lord, *Some account of a visit to the plain of Koh-i-Damán, the mining district of Ghorband, and the Pass of Hindu Kúsh* (Journ. Asiatic Soc. Bengal, VII, pt. 1, 1838, p. 521-537; en particulier p. 525-529).

calcaire paléozoïque, peut-être carbonifère. Le sommet du Kotal-Fazak (3000 m.) consiste en marbre ; Griesbach décrit comment, de cette partie septentrionale de l'Hindou-Kouch, on aperçoit vers le Nord, dans le bassin du Sourkhab, les intrusions de roches sombres qui, sur ce versant de la chaîne principale, au milieu des calcaires blancs des montagnes adjacentes, forment un véritable réseau. Dans ces chaînons du versant nord, on ne connaît jusqu'à Haïbak et Tachkourgan, c'est-à-dire jusqu'à la vallée de l'Oxus, que des dépôts crétacés et tertiaires. Ils sont très épais, présentent une suite de voûtes et de cuvettes fort larges et se terminent vers la plaine de l'Oxus par un anticlinal plus abrupt.

Plus à l'Ouest, du côté des cols de Bamian, le granite amphibolique ne forme plus qu'une bande étroite, tandis que les calcaires épais du Crétacé supérieur transgressif constituent les parties culminantes de l'Hindou-Kouch. Les terrains sédimentaires comprennent ici deux groupes séparés par une discordance. L'étage le plus ancien du groupe inférieur, un calcaire noir, a fourni des *Productus* et ailleurs des Fusulines. Vers le haut, ce calcaire alterne avec des grès verdâtres à empreintes végétales, assimilés par Griesbach à la partie inférieure de la série de Gondwana. A la limite se trouvent des conglomérats modifiés et l'on voit aussi beaucoup de trapp intrusif, qui paraît d'ailleurs pénétrer, cette fois encore, jusque dans les calcaires crétacés discordants. Il en est ainsi au col d'Ak-Rabat, au voisinage de Bamian[1].

Un peu plus au Nord, la bande étroite de granite amphibolique affleure, associée à des gneiss et à des micaschistes que Griesbach considère toutefois comme résultant d'un métamorphisme exercé par le granite. La couverture de calcaire crétacé fait comme un pont au-dessus de ces roches et constitue, encore plus au Nord, les cols de Bali-Gali (2 926 m.) et de Shabanshak. Dans cette région, on retrouve au-dessous des calcaires crétacés le groupe inférieur, fortement plissé, aux environs de Chahil. Il comprend des schistes à *Halobia Lommeli*, puis des bancs à *Equisetites columnaris* et autres empreintes végétales, qui, d'après Griesbach, correspondent à la flore des couches de Lunz, dans les Alpes Orientales, et en même temps à la partie moyenne de la série de Gondwana. Au-dessus de ce niveau viennent encore des bancs épais de grès et de schistes, renfermant tantôt des débris de plantes terrestres et tantôt quelques intercala-

1. Voir, en particulier : *Field-Notes from Afghanistán, No. 3* (Records Geol. Survey of India, XIX, 1886, p. 235 et suiv.), et *No. 5-to accompany a Geological Sketch Map of Afghanistán and North-Eastern Khorassan* (Ibid., XX, 1887, p. 93-103, carte).

tions marines, et cet ensemble doit représenter tout le terrain jurassique. Enfin le Néocomien a pour équivalent des grès rouges, puis les calcaires du Crétacé supérieur recouvrent le tout en discordance, peut-être suivis eux-mêmes de quelques bancs éocènes.

Cette succession de couches indique une partie marginale de la Téthys. Elle reste à peu près la même sur toute la largeur de l'Afghanistan septentrional et jusqu'aux environs de Mechhed. Dans toute cette région, on ne connaît pas jusqu'à présent de terrain antérieur au Carbonifère, représenté par un grès à *Orthis* (?) et à *Productus* (?) du col de Dehroud dans la chaîne du Binaloud (Khorassan oriental). De même, au-dessus, les couches à empreintes végétales jouent un grand rôle dans la constitution des chaînons, comme à Bamian. Griesbach y signale, dans les horizons inférieurs, des *Vertebraria* (?) à Palezkar (au Sud du Band-i-Baba, au Nord de Hérat), et des *Glossopteris* au col de Gaukharchang (au Nord de la rivière Djam, Khorassan oriental). Ensuite on retrouve partout la transgression du calcaire crétacé supérieur.

Le tronçon situé à l'Ouest de Bamian ne paraît encore avoir été visité par aucun géologue; mais on sait que l'Hindou-Kouch se prolonge dans le Koh-i-Baba, en formant la ligne de partage des eaux du pays et en conservant une altitude supérieure à 4800 mètres, pour prendre ensuite le nom de Band-i-Baïan et de Safed-Koh. Il n'est pas sûr que la chaîne du Davendar, à l'Est de Hérat, en représente le prolongement direct (à partir du 63° de long. E. environ), et peut-être forme-t-elle au contraire une coulisse distincte. Mais, à partir de là, les indications de Griesbach sont si explicites que l'on peut suivre facilement l'inflexion de quelques-uns des chaînons principaux, de la direction E.-W. à la direction N.W.

La *chaîne du Davendar* est le flanc nord d'un anticlinal formé par le calcaire carbonifère et la série des couches à empreintes végétales; le flanc sud s'est affaissé de telle façon que le Carbonifère, le long de la faille, bute contre le calcaire crétacé supérieur. La même structure caractérise à l'Ouest la *chaîne Doshak* (au Sud de Zindajan, sur le Héri-Roud), ainsi que la *chaîne Yaktan* orientée au N.W. et son prolongement la *chaîne du Binaloud*, qui court à l'Ouest de Mechhed.

Toutes ces chaînes appartiennent au même tronçon principal du système : se sont des coulisses se faisant suite et dans lesquelles se réalise le coude au N.W. [1].

1. C. L. Griesbach, *Afghan and Persian Field-Notes* (Records Geol. Survey of India, XIX, 1886, p. 50 et suiv.).

Une bande de granite syénitique descend des parties culminantes de la chaîne du Davendar par la haute vallée du Kouroukh, passe à peu de distance au Nord de Hérat, associée à une sorte de gneiss, disparaît à l'Ouest et revient au jour dans le Khorassan, au Sud de la chaîne Estoï, sur le versant nord de la vallée du Djam; on la suit jusqu'à Sangbast, au Sud-Est de Mechhed, et même encore un peu plus au Nord-Ouest, d'après les documents russes. Griesbach admet que ce granite syénitique est postérieur au grès rouge du Néocomien, et peut-être de même âge que le granite amphibolique du Sud de l'Afghanistan[1].

Le *Band-i-Baba* (Paropamisus, Barkhat-Dagh[2]) représente dans l'ensemble un anticlinal très écrasé de la série des couches à empreintes végétales. A Zurmust, c'est-à-dire à l'Est, cette chaîne est coupée au Sud par une grande faille E.-W. Au col de Marbich (à l'Ouest du col de Baba, à peu près sur le méridien de Hérat), cette faille passe sur le versant nord de la chaîne, disparaît en atteignant le Tertiaire et revient au jour dans le Khorassan, dirigée cette fois N.W., dans la chaîne Estoï. A Kat-i-Shamshir, elle est jalonnée par des sources chaudes[3].

C'est ainsi que l'Hindou-Kouch se décompose vers l'Ouest en coulisses allongées. Le mode de raccordement de ces coulisses avec le Balkhan et le Caucase (I, p. 622) a été, au cours de ces dernières années, l'objet de nombreuses études[4], et j'ai eu la

1. C. L. Griesbach, *Afghan and Persian Field-Notes*, p. 64.

2. Pour la nomenclature de cette chaîne, je suivrai l'avis que m'a donné M. Griesbach, après la publication du tome I de cet Ouvrage, dans une lettre datée de Camp Shadian, au Sud de Balkh, 3 août 1886. Voici ce qu'il écrit : « Le nom classique de *Paropamisos* ne s'applique plus à rien aujourd'hui. Hérodote comprenait sous cette dénomination tout le territoire montagneux situé entre la Perse et Ghazni. Pour des raisons que j'ignore, quelques-uns de nos cartographes de l'Inde ont donné ce nom de Paropamisus à la chaîne qui sépare la vallée de Hérat de Badghiz. Faute d'un meilleur nom, j'ai conservé provisoirement dans les notes de voyage que j'ai fait paraître jusqu'à présent cette dénomination, qui sans doute finira par disparaître tout à fait de nos cartes. Les habitants de la vallée de Hérat n'ont pas d'appellation d'ensemble pour désigner ces montagnes, dont le tronçon principal porte toutefois le nom de *Band-i-Baba*. Les Turkmènes de Pendjdeh appellent toute la chaîne *Barkhat-Dagh*, et les Russes ont adopté ce nom sur leurs cartes. Si l'on tient à conserver l'antique nom de Paropamisus à l'une de ces chaînes, la solution la plus convenable serait de désigner ainsi le puissant faîte de partage des eaux de l'Afghanistan — à supposer qu'il ne possède pas déjà une bonne définition. Mais le petit anticlinal qui vient mourir à Sarakhs n'a aucun titre à porter ce nom vénérable. »

3. C. L. Griesbach, *Afghan and Persian Field-Notes*, p. 56, 58.

4. A. Houtum Schindler, *The Turquoise Mines of Nishâpûr, Khorassan* (Records Geol. Survey of India, XVII, 1884, p. 132-142), et *Die Gegend zwischen Sabzwâr und Meschhed in Persien* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXXVI, 1886, p. 304-314); K. Bogdanowitch, *Compte rendu préliminaire sur les recherches oro-géologiques dans la partie montagneuse de la région Transcaspienne et des provinces boréales de la Perse*, r. f.

bonne fortune de pouvoir personnellement m'entretenir de cette question tant avec M. Bogdanovitch qu'avec M. Griesbach. Je puis extraire ce qui suit des observations concordantes de ces deux savants.

Ce raccord se produit réellement, mais dans des conditions assez particulières qui sont les suivantes :

La plus méridionale des coulisses en question, *Davendar-Doshak-Yaktat-Binaloud*, court à l'Ouest de Mechhed au delà de cette ville, mais sans atteindre la Mer Caspienne. Au Sud-Ouest apparaissent d'autres chaînons, dirigés E.-W., que Mouchkétov appelle « Montagnes du Désert de Kibir » ; leur direction diffère de celle des coulisses de l'Hindou-Kouch et aboutit à des reliefs s'orien-

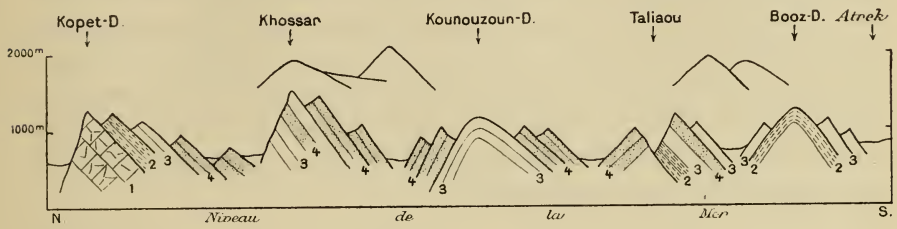


Fig. 67. — Coupe de l'Atrek au Kopet-Dagh, d'après Bogdanovitch (*Notes sur la Géologie de l'Asie Centrale*, in-8°, St.-Pétersbourg, 1889, p. 44, fig. 5).

Crétacé inférieur : 1. Calcaires compacts (Aptien); 2. Calcaires argileux et 3. Calcaires glauconieux (Aptien et Albien); Crétacé supérieur : 4. Grès glauconieux (Cénomanien et Turonien). — Echelle des longueurs 1 : 1 000 000; hauteurs 1 : 100 000.

tant S.W. Je les attribue en totalité à l'Elbourz. La ville de Nichapour est située au milieu du territoire où ces chaînons viennent s'adosser à la coulisse du Binaloud.

La bande granitique *Davendar-Hérat-Estoï* ne dépasse guère Mechhed.

La coulisse *Band-i-Baba* (Paropamisus) — *Estoï* (Poucht-e-Kouh — Djam) ne paraît pas atteindre Mechhed.

Sur la rive gauche du Héri-Roud, entre le confluent du Keshaf-Roud et Sarakhs, surgit une nouvelle chaîne plus septentrionale qui comprend un grand nombre de plis, s'alignant régulièrement

(Bull. Comité Géol. St.-Pétersbourg, VI, 1887, p. 66-104, 1 pl. de coupes; une traduction allemande des principaux passages relatifs au Kopet-Dagh se trouve dans G. Radde, *Wissenschaftliche Ergebnisse der im Jahre 1886 Allerhöchst befohlenen Expedition nach Transkaspien und Nord-Chorassan*, Petermanns Mitteil., Ergänzungsheft Nr. 126, 1898, p. 5-7). Voir aussi C. Bogdanovitch, *Note sur la Géologie de l'Asie Centrale*, r. f. (Verhandl. Russisch-k. Mineralog. Ges., 2. Ser., XXVI, 1889, p. 1-192), et *Application de l'hypothèse du glissement (Reyer) aux dislocations du territoire transcaspien* (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXI, 1895, p. 27-35); Mouchkétov, *Aperçu*, etc.

au N.W. et souvent recoupés par des failles plus ou moins rigoureusement parallèles à leur direction (fig. 67). C'est cette chaîne à laquelle on donne ordinairement aujourd'hui le nom général de *Kopet-Dagh*. Elle a pour prolongements le Balkhan et les Monts de Krasnovodsk.

La bordure septentrionale du Kopet-Dagh est formée sur de grandes distances par des failles longitudinales. Au Nord de ce front de cassure s'étend un large désert qui fait partie du Kara-Koum, et au Nord de ce désert vient une région tout à fait différente des coulisses dont nous avons parlé jusqu'à présent, la plate-forme mésozoïque de l'Oust-Ourt. Mais Mouchkétov croit que le bord de ce plateau est probablement aussi une cassure, et il rappelle qu'au voisinage se trouve la dépression découverte par Lessar et assimilée à l'*Aria palus* des anciens. Cette dépression a au moins 100 verstes de large et descend, au puits de Mirza Tchillé, à 44,6 mètres au-dessous du niveau de la Mer Caspienne. Dans ces conditions, Mouchkétov considère le désert qui s'étend entre le bord de l'Oust-Ourt et les failles du Kopet-Dagh comme un effondrement, qu'il appelle la « fosse turkmène »[1].

7. Touran. — La Téthys possédait, au moins pendant une grande partie de son existence, une extension large et peu profonde sur l'emplacement actuel de la dépression aralo-caspienne, au bord sud-ouest du continent de l'Angara. Nous aurons à mentionner des formations marines du Trias inférieur dans les montagnes du Darvaz, et des dépôts du même genre reparaissent fort loin de là, au Mont Bogdo, dans la Steppe d'Astrakhan[2]. Je ne connais pas encore de Trias moyen et supérieur dans ces régions. On a signalé les couches à empreintes végétales de la série de l'Angara dans plusieurs localités, en particulier dans la vallée du Syr-Daria, et des plantes

1. Mouchkétov, *Aperçu de la constitution géologique du Territoire transcaspien*, p. 423, 424.

2. Je ne suis pas arrivé à me faire une idée nette de la structure du Grand Bogdo; les données existantes indiquent des directions de plongement très diverses; il est probable que les conditions, dans l'ensemble, sont très compliquées. La ligne qui joint le Grand et le Petit Bogdo s'oriente N.N.E.; peut-être un certain nombre de plongements aberrants sont-ils dus à des effondrements des gypses. Tschernyschew a montré qu'une partie de ces gypses, circonstance singulière, est surmontée directement par des sédiments jurassiques supérieurs ou infracrétacés. Parmi les travaux relatifs à ce sujet, on peut citer : J. B. Auerbach, *Das Bogdogebirge* (publié par Trautschold, Zapiski Soc. Imp. Russe de Géogr., IV, 1871, p. 1-81); et Th. Tschernyschew, *Einige Angaben über den geologischen Bau der Steppe von Astrachan* (Bull. Comité Géol., VII, 1888, p. 221-232). Le Grand Bogdo est situé par 46° 51′ 52″ 5 de long. E., le Petit Bogdo par 47° 4′ 30″, Tchaptchatchi par 47° 55′ 28″ 5 et Bistchokho par 48° 47′ 3″.

rhétiennes à Derbent. La coupe de Mangychlak, sur la rive nord-est de la mer Caspienne, qui a été décrite en détail par Androussov et Séménov, débute, abstraction faite des roches anciennes plissées formant le noyau de la chaîne, par des assises à empreintes végétales indéterminables et à Bivalves peu caractéristiques, qui peuvent appartenir au Lias ou au Jurassique inférieur. Mais à partir du Callovien, on voit se succéder une série continue et très variée de formations marines, qui se prolongent jusqu'aux derniers étages de l'ère tertiaire[1].

Au centre du bassin, Séménov, en s'appuyant sur la nature des dépôts, a reconnu une succession de phases alternativement profondes et peu profondes : il y aurait eu un mouvement positif entre le début et la fin de la période jurassique, un mouvement négatif au Valanginien, puis un nouveau mouvement positif dont le maximum coïnciderait avec le Turonien supérieur et le Sénonien ; les transgressions correspondantes se manifestent sur les bords. Nous trouverons en divers endroits l'étage callovien transgressif. Vers le Sud, dans le Kopet-Dagh, le terrain crétacé inférieur est représenté, comme dans le Caucase ; mais au Nord, par le détroit de Tourgaï, le Sénonien empiète seul sur une partie de la plaine sibérienne. De même, d'après Romanovsky, ce ne sont que les étages moyens et supérieurs du terrain crétacé qui pénètrent dans les vallées des hautes montagnes de l'Est[2].

Il y a lieu, d'ailleurs, de séparer de cet ensemble l'horizon supérieur ou « étage du Ferghana », caractérisé par la *Gryphaea Kaufmanni* (= *Gr. Eszterhazyi*), et que nous assimilons au Calcaire Grossier inférieur des environs de Paris, d'après les études très précises de A. Koch ; on constate qu'à cette époque, il existait encore une communication marine au Nord du Moustagh-Ata, entre le domaine du Touran et la plaine de Yarkend, jusqu'à Yanghi-Hissar et au voisinage de Sandjou[3].

1. N. Andrussow, *Ein kurzer Bericht über die im Jahre 1887 im transkaspischen Gebiet ausgeführten geologischen Untersuchungen* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXXVIII, 1888, p. 265-280); B. Sémenow, *Faune des dépôts jurassiques de Mangychlak et de Touar Kyr*, r. (Travaux Soc. des Naturalistes St.-Pétersbourg, XXIV, Section géol., 1896, p. 29-137, 4 pl.), et *Faune des dépôts crétacés de Mangychlack et de quelques autres localités de la province Transcaspienne*, r. f. (Ibid., XXVIII, No. 5, 1899, p. 1-178, 5 pl.).

2. G. Romanowski, *Materialien zur Geologie von Turkestan*, in-4°, I, St.-Petersburg, 1880, p. 43 et suiv.

3. *Beiträge zur Stratigraphie Central-Asiens* (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Math.-Naturw. Cl., LXI, 1894, p. 463-465); A. Koch, *Ueber das Vorkommen und die Verbreitung der* Gryphaea Esterházyi *Páv.* (Földtani Köszlöny, XXVI, 1896, p. 324-330, en hongrois, et p. 360-366, en allemand).

L'horizon de Priabona est représenté en Crimée ; on connaît des sédiments marins oligocènes dans la même région et dans l'Oust-Ourt. Nous avons vu qu'à l'époque oligocène inférieure, une communication avec la Mer Glaciale persistait encore à l'Est de l'Oural [1].

Au Nord, au delà de Tourgaï, on connaît au-dessus de ces dépôts marins les vestiges des forêts de l'ambre, et au centre, ainsi que dans d'autres parties de la dépression, on voit de puissants dépôts d'argile contenant du sel gemme et du gypse. Quoiqu'une partie de ces couches soit encore attribuée par certains observateurs à l'époque oligocène, et qu'il soit possible que le début des phénomènes de précipitation saline remonte en effet jusque-là, Androussov a signalé depuis longtemps un fait remarquable : c'est la présence au Cap Tarkhan, sur la Mer d'Azov, dans des argiles noires à écailles de *Meletta*, de plusieurs espèces caractéristiques de la formation salifère de Wieliczka, c'est-à-dire du *Schlier* de l'Autriche, comme le *Pecten denudatus*. Une coupe à Tioub-Agal, sur la rive nord du Kara-Bougaz, montre qu'à l'Est de la Mer Caspienne les argiles noires à *Meletta*, associées à des gypses, existent également, et que vers le haut, des bancs multiples de gypse alternent avec des bancs à coquilles marines qu'on doit considérer comme représentant le second étage méditerranéen. Sauf le *Cerithium scabrum* et peut-être la *Modiola discors*, ce sont d'ailleurs des espèces absolument inconnues dans le domaine méditerranéen normal ou dans la vallée du Danube ; mais la superposition des couches sarmatiques lève tous les doutes [2].

En Perse, le sel se trouve au-dessus du premier étage méditerranéen, et il en est de même en Arménie. En Crimée, sur les bords de la Mer Caspienne et plus au Nord ou à l'Est, on n'a pas encore signalé le premier étage méditerranéen. On ne peut donc pas déterminer à quel horizon remonte le début de la formation du sel. D'autre part, on constate qu'une partie au moins de ces dépôts doit être attribuée au Schlier, et que le retour de la mer à l'époque du second étage méditerranéen s'est effectué au milieu d'oscillations. Il faut une évaporation de 80 p. 100 d'eau de mer pour qu'un banc de gypse se dépose après le séjour d'une eau normale ; ces oscillations ont dû par suite être fort importantes. Des conditions semblables à celles qui régnaient à l'Ouest n'ont reparu qu'à l'époque sarmatique.

Lors de la formation des bancs de gypse, et plus encore lors de la

1. C. v. Vogdt, *Ueber die Obereocän- und Oligocän-Schichten der Halbinsel Krim* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1889 p. 289-295).

2. N. Andrussow, *Ueber das Alter der unteren dunklen Schieferthone auf der Insel Kertsch* (Verhandl. k. k. Reichsanst., 1885, p. 213-216) ; du même, *Géotectonique de la*

précipitation du sel, une vaste nappe d'eau doit s'être trouvée au-dessous du niveau de la mer. La fermeture peut avoir été produite par un plissement montagneux dans quelque région lointaine de l'Ouest, mais on doit supposer de plus, pour l'époque du Schlier, un climat sec, car on connaît en dehors de ce périmètre des gîtes de sel au même niveau : ainsi, d'après Depéret et Fourtau, les argiles gypsifères du Gebel Geneffé, au voisinage des Lacs Amers de Suez, sont comprises entre le premier et le second étage méditerranéen [1].

Les dépôts de sel s'étalent au loin sur le Touran et ils pénètrent profondément aussi dans les hautes montagnes de l'Est. C'est au même horizon qu'appartiennent, par exemple, les couches gypseuses fortement redressées et les nombreux lacs salés qu'Obroutchev a décrits dans les avant-monts des coulisses de l'Hindou-Kouch, au Sud de Sarakhs, et en particulier entre le Héri-Roud et le Kouchk [2]. Peut-être figurent-elles le point par où, jadis, les eaux du Touran communiquaient avec celles de l'Iran. Dans les hautes montagnes, nous aurons à mentionner des couches de sel encore très en amont de Garm. Dans le Pamir, sur les bords du Rang-Koul, il existe du sel gemme dans des schistes feuilletés. Le col voisin des sources de l'Oxus ou Ab-i-Pandj, que nous avons appelé, d'après les cartes, Baroghil, est désigné par Ivanov sous le nom de Bor-agyl, c'est-à-dire « Col du Gypse », et de puissants amas de gypse s'y rencontrent en effet, dit-on [3].

Le calcaire coquillier que Romanovsky signale entre Tchimkent et Tachkent est également d'âge tertiaire moyen; l'*Ostrea hemiglobosa* Romanovsky, trouvée aux environs de Garm, indique peut-être le même horizon [4].

On n'a pas encore découvert de formations sarmatiques au delà de l'Aral. Elles existent dans l'Oust-Ourt. Nous avons déjà dit que le domaine sarmatique, bien que reconnu de l'Ouest à l'Est sur une longueur égale à celle de la Méditerranée actuelle, est cependant situé

presqu'île de Kertch, r. (Matériaux pour la Géol. de la Russie, XVI, 1893, p. 63-336, 1 carte, 2 pl.; en particulier, p. 160), et *Bemerkungen über das Miocän der Kaspischen Länder*, r. a. (Bull. Comité Géol., XVIII, 1899, p. 349-369), etc.

1. C. Depéret et R. Fourtau, *Sur les terrains néogènes de la Basse-Égypte et de l'isthme de Suez* (C. R. Acad. Sc., CXXXI, 1900, p. 401-403).

2. V. Obroutchev, *Compte rendu préliminaire sur les recherches géologiques dans le district Transcaspien*, r. f. (Bull. Comité Géol., VI, 1887, p. 155-224; en particulier p. 194 et suiv.).

3. D. L. Ivanov, *Aperçu des observations géologiques faites au Pamir*, r. (Verhandl. Russisch-K. Mineralog. Ges., 2 Ser., XXII, 1886, p. 257), et *Voyage au Pamir*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XX, 1884, en particulier p. 44 et suiv.).

4. G. Romanovsky, *Matériaux pour la géologie du Turkestan*, r., II, 1885, p. 26.

complètement en dehors des rives de cette mer, telle qu'elle existe aujourd'hui (I, p. 424).

Il n'y a pas lieu de revenir sur les formations encore plus récentes du bassin Aralo-Caspien. —

Les contours actuels de la dépression du Touran sont par conséquent d'âge très différent. Au Nord-Ouest, du côté de l'Oural, les sédiments crétacés et tertiaires s'étalent horizontaux sur la tranche des couches de ces antiques montagnes. A l'Est, le contraste est absolu avec les longs rameaux du Tien-Chan, et les mêmes sédiments, affectés de plis, s'élèvent à des altitudes considérables. Mais dans l'intervalle de ces longs rameaux, on voit se développer, à l'Est, un type très particulier de chaînons intermédiaires plissés, dont je ne connais les analogues sur aucun autre point du globe et qui méritent de fixer notre attention quelques instants.

On voit sur la fig. 89 du tome I (p. 611), entre les rameaux désignés par les n°s 8 (Hindou-Kouch, Balkhan) et 7 (Hissar-Khazreti Sultan), le cours de l'Amou-Daria; les rameaux 7 et 6 (Alaï-Nouratau) ne sont séparés que par la vallée du Zaravchan et peuvent être assimilés à un même faisceau ; au contraire, entre 6 et 5 (Talasskii-Alataou-Karataou), la vallée du Syr-Daria présente une disposition qui rappelle celle de l'Amou-Daria. Nous parlerons d'abord des chaînons intermédiaires de l'Amou-Daria, c'est à dire en somme des Montagnes de Bokhara, puis de ceux du bassin du Syr-Daria, et en particulier des Montagnes du Ferghana (voir la pl. I). Les conséquences, pour les parties septentrionales de la virgation du Tien-Chan, se dégageront d'elles-mêmes. Pour les deux régions, Mouchkétov a fait paraître un ouvrage vraiment fondamental[1].

8. Montagnes de l'Amou-Daria. — Les roches éruptives crétacées, comparables en quelque mesure aux teschenites des Carpathes, qui affleurent dans le Baloutchistan, dans l'Afghanistan, dans l'Hindou-Kouch et au Nord de cette chaîne ne sont pas connues au delà de l'Amou-Daria. Les calcaires crétacés discordants, qui s'élèvent si haut dans l'Hindou-Kouch, constituent associés à l'Éocène, au Nord de la chaîne principale, des plis puissants. Encore au Sud et au Sud-Ouest de Maïmeneh, ces avant-chaînes, orientées à peu près E.-W., atteignent dans le Band-i-Turkestan 3 500 mètres. Un anticlinal formé par ces terrains crétacés et tertiaires, et dont la retombée est très brusque, constitue, comme on l'a déjà vu, la bordure

1. J. V. Mouchkétov, *Le Turkestan*, v., I, in-8°, St.-Pétersbourg, 1886; avec la carte géologique en 6 feuilles de Romanovsky et Mouchkétov.

septentrionale de la chaîne au voisinage de Sarypoul et de Maïmeneh. A son pied, le plissement se poursuit dans les couches salifères que Griesbach parallélise aussi avec les dépôts de sel tertiaires moyens de la Perse. Encore au Sud du bac par lequel on franchit l'Amou-Daria à Kélif, ce géologue a trouvé un calcaire coquillier tertiaire à *Pecten*, *Ostrea* et Bryozoaires. Les symptômes de plissement sont si nombreux, que Griesbach a même supposé qu'une nouvelle voûte est aujourd'hui en voie de formation dans les alluvions de l'Oxus, voûte qui tendrait à barrer les affluents de gauche, entre Tachkourgan et Maïmeneh [1].

Dans la direction de l'Est, les observations de Griesbach se sont étendues jusqu'à Gori sur le Koundouz. La large plaine de l'Amou-Daria, qui marque la terminaison des montagnes de l'Est, s'étend jusque vers Roustak.

En considérant les chaînes du Pamir, situées au Nord de l'Hindou-Kouch, nous devons commencer par avouer qu'au point de vue géologique, ces chaînes sont peu connues. Stoliczka a recueilli quelques observations sur le Pandj, jusqu'à Kala-i-Pandj en aval, et nous avons vu que le tronçon inférieur de la rivière Pamir coupe obliquement la direction d'une chaîne de gneiss qui fait partie de l'Hindou-Kouch ou qui en est une avant-chaîne. Ce sont les « Monts du Wakhan » d'Ivanov, qui bordent le Pandj au Nord, franchissent selon toute apparence ce cours d'eau vers le coude d'Ichkachim et se prolongent peut-être vers le Sud-Ouest dans le Badakchan.

Mais, de fait, il semble que le Pandj en aval de Kala-i-Pandj, le haut Chakh-Dara sur le versant nord des Monts du Wakhan, le Ghound (Alitchour) et le Mourghab (jusqu'au méridien du Rang-Koul) ne soient pas les seuls cours d'eau qui suivent de vraies vallées longitudinales tectoniques, vallées s'infléchissant de plus en plus dans leur partie inférieure vers le Sud-Ouest, en arc de cercle, comme le montre nettement la carte de Curzon. Le Yas-Goulam, qui s'écoule dans la même direction sur toute sa longueur et auquel les cartes russes attribuent une importance beaucoup plus grande, paraît suivre également une vallée longitudinale; et il en serait de même pour le Vanch, en un mot pour tous les affluents qui, entre le coude d'Ichkachim et Kala-i-Khoumb, descendent du Pamir au Pandj.

Or l'allure convergente de ces vallées suppose que les grandes chaînes occidentales du Pamir, vers le Nord, dévient de plus en plus

1. C. L. Griesbach, Records Geol. Survey of India, XIX, 1886, p. 257, 260.

dans leur direction, en suivant à peu près l'orientation S.S.W. du Khodja Mohammed dans le Badakchan, qu'en même temps elles diminuent rapidement de hauteur dans le Badakchan, et que leurs contreforts méridionaux atteignent la région située à l'Ouest du lac Chiva et les environs de Faïzabad.

La structure des *Monts du Darvaz* confirme cette hypothèse. Cette chaîne décrit vers le S.S.W. une courbe ayant à peu près la forme d'un genou, courbe encore plus accentuée que l'arc du Pandj en amont de Kala-i-Khoumb. Ivanov, en franchissant la chaîne par le Nord, au col de Sagri-Dacht (2400 m.), dans la direction de Kala-i-Khoumb, y a trouvé un grès rouge, recouvert de couches épaisses de grès gris et de conglomérats qui s'élèvent à une grande hauteur mais n'atteignent pas le versant sud, où l'on voit des roches cristallines [1].

Krafft donne de précieux renseignements sur la structure du reste de la chaîne. Les conglomérats du Sagri-dacht sont attribués à l'époque éocène; ils forment plus au Sud-Ouest de hauts sommets (Khazreti-Chan, 4000 m.) et sont séparés des terrains antérieurs des bords du Pandj, à l'Est, par une longue dislocation. Cette dislocation se recourbe du S.W. au S.S.W. et les terrains anciens dessinent un mouvement analogue, mais plus accentué [2].

Ces terrains anciens, d'âge paléozoïque inférieur d'après Krafft, consistent en micaschistes, « para-amphibolites », schistes à séricite et roches éruptives diverses. Ils forment l'axe d'un anticlinal à tracé curviligne, qui du Nord-Est, et par la vallée du Khoumban, descend dans la vallée du Pandj, où on le connaît de Dchorf à Kala-i-Khoumb et sur une quarantaine de verstes plus en aval, jusqu'à ce qu'il passe à l'Est du fleuve en prenant une direction presque N.-S. Cette direction aboutirait un peu à l'Ouest de Faïzabad; mais il est probable que les roches anciennes disparaissent sous des sédiments plus récents avant d'arriver à cette localité.

A l'Est et à l'Ouest de l'anticlinal affleurent des calcaires à Fusulines, puis des diabases, des tufs et des grès. La zone occidentale est très développée; le Siakou et le Kougi-fourouch atteignent envi-

1. Ivanov, *Aperçu des observations géologiques faites au Pamir*, p. 274.

2. A. v. Krafft, *Geologische Ergebnisse einer Reise durch das Chanat Bokhara* (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturw. Cl., LXX, 1900, p. 49-72, carte), et *Mittheilungen über das ost-bokharische Goldgebiet* (Zeitschr. f. prakt. Geol., 1899, p. 37-43, 1 carte). W. Rickmer Rickmers, *Travels in Bokhara* (Geogr. Journ., XIV, 1899, p. 596-620, carte); ce voyageur avait pour compagnon A. v. Krafft. M. v. Krafft a eu l'obligeance de me communiquer ses cartes qui, vers l'Ouest, portent encore quelques indications complémentaires.

ron 5000 mètres. On y a signalé des traces de l'étage d'Artinsk[1]. Le premier niveau se présentant ensuite, du côté de l'Ouest, est du Trias inférieur, dont Bittner a noté la ressemblance frappante avec les schistes de Werfen, dans les Alpes Orientales[2]. Au Nord-Ouest et à l'Ouest, ces terrains anciens sont recoupés en biais, l'un après l'autre, par la longue dislocation dont nous avons déjà parlé. La partie méridionale de cet accident s'oriente de même au S.S.W. et fait affleurer sur toute sa longueur, au lieu des terrains précédents, à une altitude de 3000 à 4000 mètres, les conglomérats dont l'âge est probablement éocène. Mais à partir de là, les montagnes s'abaissent très rapidement vers l'Ouest et vers le Sud. Mouminabad, sur le bord occidental, est à 1140 mètres, et un peu plus au Sud, dans les Monts Khodja-Moumyn (1280 m.), entre Kouljab et le Pandj, Regel a trouvé du sel gemme en grandes masses[3]. On doit admettre que l'anticlinal du Darvaz, après s'être abaissé près de Kala-i-Khoumb dans la vallée du Pandj, continue à descendre rapidement vers le Sud. Mais il est possible que le sel appartienne au synclinal suivant, du côté de l'Ouest. Le prolongement de ce synclinal est représenté par le synclinal éocène ou crétacé du haut Khingaou, qui sépare vers le Nord, en décrivant un arc de cercle, les Monts du Darvaz des *Monts Pierre le Grand* (Piriok), dont la constitution est analogue.

Ivanov donne des renseignements sur cette nouvelle chaîne. Avant de la considérer, rappelons que la grande vallée de l'Alaï est un ancien bassin lacustre, entouré sur certains points de terrasses, et qui a été vidé par la gorge qu'a creusée le Kyzyl-Sou dans la direction du Sud-Ouest, à travers le Transalaï. Il en résulte que le Kyzyl-Sou ne répond pas à la véritable tête du Vakhch : ce rôle appartient bien plutôt au Mouk-Sou, qui vient du Pamir et court parallèlement au haut Khingaou. C'est entre ces deux derniers cours d'eau que se dresse la chaîne des Monts Pierre le Grand[4].

D'après Ivanov, cette chaîne doit l'aspect sauvage et dentelé de sa crête à un calcaire noir, renfermant parfois des Fusulines, dont la puissance atteint plusieurs milliers de pieds et qui forme sur le

1. A. Karpinsky, *Ein Hinweis auf das Vorkommen von permo-carbonischen Schichten in Darwaz* (Verhandl. Russisch-k. Mineralog. Ges., 2. Ser., XVIII, 1883, p. 212-220).

2. A. Bittner, *Ueber von Dr. A.* v. Krafft *aus Bokhara mitgebrachte jungpalaeozoische und alttriadische Versteinerungen* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLVIII, 1898, p. 700-718, pl. XIV-XV).

3. Mouchkétov, *Le Turkestan*, I, p. 572.

3. Ivanov, *Aperçu*, etc., p. 271 et suiv.; voir aussi les cartes de Hassenstein, dressées principalement d'après les indications de Regel, Petermanns Mitteil., XXX, 1884, pl. 4 et 13; et Lipsky, Otchet Soc. Imp. Russe de Géogr. pour 1899, p. 15 et 16.

versant nord de grands escarpements, dominant le Mouk-Sou et certaines parties du Vakhch.

Des dépôts mésozoïques, et notamment un calcaire considéré comme jurassique, lui succèdent, puis des argiles et des grès bigarrés tertiaires avec sel et gypse. Ces couches tertiaires forment en amont de Garm un liséré bordant les montagnes le long du versant méridional du Vakhch et du Mouk-Sou, et en plusieurs endroits, fort loin même à l'Est, au col de Ters-Agar (Altin-Mazar, 72° 15′ de long. E., d'après la carte de Curzon), dans le Pamir, on y exploite du sel. L'escarpement du versant nord est encore signalé dans la vallée de Kandi.

Dirigeons-nous maintenant vers l'Ouest. Encore assez loin du confluent du Kyzyl-Sou, Ivanov mentionne de très hautes cimes Souganaki, environ 5 400 m.). A partir de là, l'escarpement nord s'élargit et diminue de hauteur. Lorsque Ivanov, plus à l'Ouest encore, en partant de Garm, traversa la chaîne, il la trouva déjà recouverte sur toute sa largeur par des grès et des conglomérats crétacés ou tertiaires, au-dessous desquels les calcaires paléozoïques n'affleurent que sur un petit nombre de points.

Ainsi, dans la Chaîne de Pierre le Grand, tous les terrains pré-crétacés disparaissent encore plus rapidement que dans les Monts du Darvaz, et pour ainsi dire au coude même. La chaîne, devenue beaucoup plus basse et incurvée vers le Sud-Ouest, est franchie en aval de Garm par le Khoulass (Khingaou inférieur), et l'anticlinal crétacé que Krafft signale entre Baldjouan et le Vakhch remplace désormais cette puissante rangée de montagnes.

Il ressort de ce qui précède, comme résultat général, que le Mouk-Sou et le Vakhch-Sourkhab (sauf au coude local situé au Sud de Faïzabad) représentent une vraie directrice tectonique, envelop-pant tous les faisceaux de plis qui sortent du Pamir au Sud du Grand Kara-Koul; et il est probable que toutes les vallées qui descendent du Pamir vers l'Ouest, en aval d'Ichkachim, sont de vraies vallées longitudinales, que le Pandj recoupe jusqu'à ce qu'il suive lui-même sur une certaine distance en aval de Kala-i-Khoumb une dépression du même genre. Toutefois ce tronçon du Pandj ne coïncide pas, comme la plupart ou la totalité des autres vallées, avec un synclinal, mais avec un anticlinal.

D'après la carte de Mouchkétov, il est probable qu'au Nord de Garm, les Montagnes du *Karatégin* décrivent une courbe analogue à celles du Darvaz et des Monts Pierre le Grand et se dirigent vers Faïzabad. Il ne me paraît guère douteux non plus que le grand

alignement *Transalaï — Hissar — Khazreti-Sultan* (I, p. 611, fig. 89, n° 7), assimilé jusqu'ici à l'une des branches de la virgation du Tien-Chan, ne dévie en réalité vers le Sud-Ouest. Krafft, en partant de Karatagh, a gravi le Khazreti-Sultan et y a trouvé une succession différente de terrains. Au Sud du col de Moura (3 730 m.), du porphyre et du granite succèdent directement à l'Éocène et au Crétacé à *Acanthoceras Milletianum*, et plus en amont, on retrouve encore des lambeaux de la transgression crétacée pincés dans des failles. Au delà du col, sur les bords de l'Iskander-Koul, il y a du calcaire corallien d'âge dévonien moyen, surmonté de dolomies très épaisses appartenant au Dévonien supérieur ou au Carbonifère (Toursull, 5 000 m.)[1]. A une grande distance au Sud-Ouest de cette localité, au Nord de la petite ville de Baïsoun, on voit surgir d'une mer de plis crétacés et éocènes le chaînon du Tchouldaïr, dans lequel Krafft a trouvé des grès à plantes rhétiennes et des calcaires noirs, probablement jurassiques. Ce chaînon tourne en s'allongeant au S.S.W. et forme la gorge des Portes de Fer près de Derbent, où il est également recouvert en discordance par le Crétacé; Mouchkétov y voit le prolongement direct des hautes montagnes de Hissar[2]. Plus loin dans cette même direction du S.W. se trouve Khatak, où Nikitin a signalé des fossiles calloviens en plein territoire plissé, crétacé ou éocène[3], et une longue arête, dont fait partie l'anticlinal crétacé du Koukaïtyn-Taou, s'aligne au S.W. Mouchkétov en a décrit le panorama : au loin s'étale la vallée de l'Oxus; à l'horizon du Sud apparaissent les hautes montagnes de l'Afghanistan. Mais plus près, à gauche, on aperçoit un second anticlinal, courant parallèlement vers le S.W. Il a reçu le nom d'Itym-Tagh ou Djity-Tagh, c'est-à-dire « les Sept Collines », parce qu'il se résout au Sud-Ouest en un groupe d'éminences isolées; l'une d'elles s'avance dans l'Oxus et porte la ville de Kélif. Ce chaînon traverse le fleuve en donnant lieu à une série de rapides, et il forme sur le versant sud la double crête rocheuse du Kham-Tagh. C'est là, dans des couches redressées, que Griesbach a recueilli des fossiles méditerranéens. Là, en vue des avant-monts de l'Hindou-Kouch, ce long faisceau de

1. A. v. Krafft, *Geologische Ergebnisse*, etc., p. 53. La direction des lambeaux crétacés affaissés du col de Moura est S.W; s'il s'agissait de plis, on pourrait considérer la déviation comme certaine.

2. Mouchkétov, *Le Turkestan*, I, p. 560. On a également rapporté du granite et des schistes anciens d'un point intermédiaire, le Sengri-Dagh.

3. S. Nikitin, *Notes sur les dépôts jurassiques de Himalaya et de l'Asie centrale*, r. f. (Bull. Comité Géol., VIII, 1889, p. 83 et suiv.). Ce point est à 7 verstes au Nord-Ouest de Khatak.

plis, qui représente selon toute probabilité le prolongement de la chaîne puissante du Transalaï, s'abaisse et disparaît sous la plaine.

La direction des contreforts a tourné graduellement de S.S.W. à S.W.; entre le Vakhch et Kélif, c'est-à-dire entre les Monts Pierre le Grand et la ligne Transalaï-Khazreti Sultan, sont venus s'intercaler des plis secondaires. Au delà de Kélif, leur écartement progressif est encore plus net, et sur le bord oriental, du côté de Gouzar et de Karch, ce sont des plissements de plus en plus atténués qui forment les collines. Quelques chaînons atteignent encore l'Amou-Daria. Mouchkétov décrit un anticlinal crétacé, l'Aggs-Taou, qui traverse l'Oxus près de Khodja-Salar, en aval de Kélif; un autre est le Felizidan-Taou; la direction tourne à l'W.S.W., les plis deviennent plus rectilignes et moins accusés; c'est à Kerki que Mouchkétov a trouvé les dernières traces de plissement sur l'Amou-Daria[1].

Gardons les yeux fixés sur la ligne Mouk Sou-Vakhch, convexe au Nord-Ouest, et sur la courbe probablement parallèle à la précédente passant par la col de Moura, les Portes de Fer et Kélif. Les autres courbes s'aplanissent vers l'Ouest, et les dépôts tertiaires salifères prennent une part plus importante à leur constitution, mais sur le Karch il se forme un angle rentrant. Au Nord de ce coude se présentent des chaînes qui affectent la direction intermédiaire E.-W., mais où il n'y a que du granite, des schistes anciens et des calcaires paléozoïques. Obroutchev les a décrites[2].

La plus septentrionale de ces chaînes, le *Kara-Tioubé*, au Sud de Samarkand, dépasse 2 000 mètres; elle s'abaisse du côté de cette ville et domine la grande *vallée longitudinale de la rivière Zaravchan*, et au Nord de cette vallée s'étend vers le N.W. la chaîne du *Noura-Taou* (Kara-Taou), accompagnée de chaînes secondaires. De nombreux pointements isolés indiquent ensuite que cette chaîne se prolonge au-dessous du désert.

La vallée du Zaravchan, qui s'étend en droite ligne de l'Est à l'Ouest, bordée au Sud par le Kara-Tioubé et les Monts du Zaravchan et au Nord par les Monts du Turkestan, et qui s'encaisse si profondément entre ces hautes chaînes, d'où descendent, à l'Est, de nombreux glaciers, — cette vallée constitue l'un des traits les plus remar-

1. Mouchkétov, *Le Turkestan*, I, p. 593 et suiv.

2. V. Obroutchev, *Rapport préliminaire sur les observations géologiques faites en Boukharie et dans le district du Zaravchan*, r. (Matériaux pour la Géol. de la Russie, XIII, 1889, p. 165-184), et *Les gisements de graphite et de béryl des Monts Kara-Tioubé près de Samarkand*, r. (Verhandl. Russisch-k. Mineralog. Ges., 2. Ser., XXV, 1889, p. 59-66). Les plus méridionales de ces branches sont attribuées au Khazreti-Sultan. Peut-être ce nom s'applique-t-il à la partie supérieure de ces chaînes qui divergent en éventail.

quables de la structure du Tien-Chan. Encore près de Pastigaou, à plus de 180 verstes en amont de Samarkand, Mouchkétov a trouvé que le pied des versants est formé par un synclinal crétacé. Le même savant a constaté qu'à la naissance de la vallée, dans le cirque de névés auquel s'alimente le glacier du Zaravchan, les Monts du Turkestan, sur le versant nord, sont le prolongement direct de la grande chaîne de granite et de gabbro de l'Alaï, tandis qu'au Sud les Montagnes du Karatégin (Hissar) consistent en granite, en gneiss et en schistes métamorphiques; le nœud intermédiaire du Karamouk est surtout formé de diabase[1].

Or comme nous savons que la vallée du Kyzyl-Sou, à l'endroit où ce cours d'eau quitte la grande dépression de l'Alaï, est une vallée d'érosion récente, dont il n'y a pas lieu de tenir compte dans la recherche des lignes tectoniques, il en résulte que celles-ci doivent être tracées à travers le Karamouk et que la vallée de l'Alaï doit être regardée comme le prolongement du Zaravchan. Là aussi, du reste, on signale des sédiments crétacés et tertiaires, et à l'extrémité orientale de l'Alaï, au col de Taoumouroun (3 400 m.), Mouchkétov mentionne encore des couches tertiaires[2].

Ce col est situé sur la ligne de partage des eaux du Yarkend-Daria. Du Zaravchan jusqu'au Taoumouroun se suit une ligne de démarcation très importante, qui représente peut-être l'une des anciennes voies par où communiquaient les mers.

Un fait remarquable, c'est que malgré l'allure presque rectiligne de ce sillon, les montagnes qui s'étendent au Nord n'affectent pas un tracé en ligne droite. L'Alaï s'oriente nettement W.S.W., comme toutes les avant-chaînes qui le précèdent au Nord jusqu'à Margelan; et sur le méridien d'Oura-Tioubé, un peu à l'Ouest du coude du Syr-Daria près de Khodjent, le bord septentrional des montagnes se décompose en une série de coulisses qui courent au N.W. La plus longue de ces arêtes est le Noura-Taou, dont nous avons déjà parlé.

9. Montagnes du Syr-Daria. — L'analogie de leur structure avec celle des Montagnes de l'Amou-Daria est véritablement étonnante. D'un côté comme de l'autre, des sédiments récents, débutant avec la transgression du Crétacé moyen, prennent part au plissement, quoique discordants eux-mêmes sur les terrains antérieurs. Dans le

1. I. Mouchkétov, *Expédition géologique au glacier du Zaravchanen 1880*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XVII, 1881, p. 79-103, 2 cartes). Dans cette région, les couches à *Gryphea Eszterhazyi* n'ont pas encore été distinguées du terrain crétacé.

2. Mouchkétov, *Le Turkestan*, I, p. 15.

bassin du Syr-Daria, des chaînes intermédiaires orientées S.W. apparaissent entre l'arc du Kara-Taou au Nord et celui de l'Alaï-Noura-Taou au Sud, de même que dans le bassin de l'Amou entre l'Alaï — Noura-Taou au Nord et l'Hindou-Kouch au Sud. De part et d'autre, le fleuve principal fait un détour déterminé par ces avant-chaînes, et recueille les eaux des vallées longitudinales venant du Nord-Est. Près de Khodjent, le Syr traverse l'extrémité d'un de ces anticlinaux, exactement comme l'Amou à Kélif. On voit se former au Nord-Ouest, sur le cours de l'Aryss, entre les chaînes intermédiaires et le rameau principal, le Kara-Taou, un angle rentrant, qui correspond trait pour trait à l'angle rentrant du Karch.

Nous suivrons la magistrale description que Mouchkétov a donnée de ces montagnes et de tout le Ferghana. Mais auparavant, il convient de rappeler la disposition en arc de cercle qui domine dans le Tien-Chan central (III, p. 208). Les segments tournent leur convexité vers le Sud, l'une des branches se dirigeant W.S.W. ou S.W., l'autre W.N.W., N.W. ou même N.N.W. Ils se recoupent, paraissent s'intercepter réciproquement et déterminent ainsi la structure si particulière de ces montagnes, qui fait penser à des vagues en mouvement, ou encore aux tuiles d'un toit. En outre, l'ensemble du Tien-Chan commence à l'Est, au Sud de l'Altaï Mongol, par être étroit et allongé, à la manière d'un coin, pour s'épanouir largement à l'Ouest dans une virgation grandiose. Or les longs rameaux de la virgation correspondent aux branches N.W. de ces segments.

L'un de ces segments d'arc entoure au Sud le lac Tchatyr-Koul. A partir du Souek-Taou, sa branche N.W. court sous le nom de *Monts du Ferghana* à l'Est de la dépression du Ferghana, et croise ainsi la direction de la grande chaîne de l'Alaï. Des dépôts récents existent encore dans la rainure intermédiaire, et le contact est si brusque que sur la rive droite du Taldyk, par exemple, au Sud-Est d'Och, les conglomérats tertiaires assez fortement redressés s'orientent N.W., tandis que leur direction, sur la rive gauche, est E.N.E.[1]. De même, les avant-chaînes des Monts du Ferghana conservent leur direction N.W. jusqu'au delà du Naryn, et au voisinage de ce cours d'eau elles viennent rencontrer de nouveaux plis s'alignant N.E. Tout le pays de montagnes au Nord de Namangan, Tchoust et Khodjent est dominé presque exclusivement, jusqu'à l'Aryss près de Tchimkent, par la direction S.W., bien que près de Namangan, par exemple, la direction perpendiculaire, S.E., se fasse également

1. Mouchkétov, *Le Turkestan*, I, p. 498 et ailleurs.

sentir. Dans ces chaînes, dont la principale est celle du *Tchatkal*, qui se termine au Nord de Khodjent, les terrains anciens jouent un rôle bien plus important que dans les chaînes N.E.-S.W. de la Bokharie; elles sont aussi beaucoup plus élevées, mais elles passent de même, à l'Ouest, et en particulier dans la région de Tachkent, à des anticlinaux crétacés et tertiaires. Ici encore, les anticlinaux N.E.-S.W. s'écartent parfois notablement les uns les autres, vers l'Ouest. Mais on y constate aussi, notamment dans la vallée du Badam près de Tchimkent et au Sud de cette région, un retour assez inattendu de la direction N.W., qui heurte en zigzag les plis N.E.-S.W. et doit même donner naissance à des arcs convexes, comme au Mont Monsar et dans l'Alym-Taou, entre Tchimkent et Tachkent.

Mouchkétov dit que les plis S.E. ou « plis du Ferghana » sont légèrement convexes vers la plaine du Ferghana, tandis qu'il lui semble que les plis S.W. seraient légèrement concaves. C'est dans les contreforts occidentaux qu'on aperçoit la plus remarquable de ces concavités, et que par suite l'analogie avec les plis de la Bokharie est la plus frappante. Il est possible que les principaux plis S.W. et peut-être même le Tchatkal atteignent au Nord, en dessinant une courbe concave, le Talasskii-Alataou; mais les renseignements précis manquent sur ce point, et ce raccord n'a été indiqué sur la pl. I que par une ligne ponctuée.

Ces grands plis S.W., au Nord du Syr-Daria, comme le Tchatkal, sont précisément désignés par Mouchkétov sous la dénomination de « plis de l'Alaï ». Un fait me paraît venir à l'appui de cette vue : l'existence de deux accidents récents, qui ramènent au jour les couches tertiaires de sel gemme et qui correspondent, au moins en partie, à des lignes anticlinales; ils indiquent le rattachement de l'Alaï aux faisceaux de plis du Nord.

C'est le Mogol-Taou, coulisse précédant le Tchatkal méridional, que le Syr-Daria traverse à l'Ouest de Khodjent. Au Sud de ce point, près de Naou, le premier de ces accidents récents se détache de la bordure septentrionale de l'Alaï, croise en biais le Syr-Daria, suit sa rive droite, où il forme la montagne de sel d'Ak-tchékou, et atteint Tchoust sous l'aspect d'une chaîne de collines allongées. Le second part de Richtan, court au Sud-Est et à l'Est de Margelan et d'Andidjan et doit rejoindre au Téké-bel les contreforts des Monts du Ferghana.

Nous avons dit que des sédiments crétacés et tertiaires pénètrent, près d'Och, entre les Monts du Ferghana et l'Alaï, et l'on a vu en

outre que des couches tertiaires occupent le col de Taoumouroun, à l'extrémité orientale de la vallée de l'Alaï. De même, Mouchkétov a trouvé du Crétacé et du Tertiaire à 11 600 pieds [3 535 m.] au Kougart, près de Souck, dans la vallée de Tchirtach, à l'Ouest du Tchatyr-Koul et sur les bords de ce lac lui-même, et il a pu se convaincre de la continuité et de l'identité des conglomérats tertiaires décrits par Stoliczka avec ceux du Ferghana.

Futterer a également retrouvé ces terrains récents, à savoir un Crétacé probable et un Tertiaire renfermant du gypse, sur la route d'Och à Kachgar par Goultcha et Irkestan (au-dessous du col de Taoumouroun); il a constaté de plus un contraste frappant entre la direction N.-S. des assises paléozoïques et la direction E.-W. qui prédomine dans les couches plus récentes[1].

Donc, et quels que soient les détails, on doit admettre que dans cette partie du Tien-Chan, au Nord du Moustagh-Ata, les mers ont communiqué librement, à une époque récente, entre le bassin Aralo-Caspien et la région de Yarkend. Cette communication est démontrée par des fossiles (*Gryphea Esterhazyi*) pour l'époque du Calcaire Grossier inférieur (étage parisien).

10. Structure des chaînes intermédiaires. — L'altitude et l'allure très disloquée de quelques lambeaux tertiaires ne permet pas d'admettre que cette communication des mers avait lieu par un simple détroit, bien localisé. Il faut au contraire supposer avec Mouchkétov que dans cette région, encore à l'époque du dépôt des gypses tertiaires, les montagnes étaient beaucoup moins hautes; ce n'est que plus tard que le plissement a morcelé les terrains sédimentaires, en relevant leurs lambeaux ou en les pinçant dans les rides du substratum, et en faisant cesser du même coup cette communication. Nous sommes en présence d'un fond de mer comprimé, comme certaines parties de la Téthys nous en offrent le spectacle sur une grande échelle, et comme on peut le voir aussi pour les couches tertiaires qui s'étendent au Nord des Alpes Occidentales dans la vallée du Rhône.

Il est beaucoup plus difficile de comprendre la structure des chaînes intermédiaires recourbées de l'Amou-Daria et du Syr-Daria. Leur ressemblance mutuelle nous apprend tout d'abord que l'Hindou-Kouch fait réellement partie du même système : la formation des plis, à partir de l'Altaï, s'est propagée non seulement jusqu'à

1. K. Futterer, *Geologische Beobachtungen am Terek-Pass* (Verhandl. Ges. für Erdkunde, Berlin, XXV, 1898, p. 262-265).

l'extrémité nord-ouest de l'arc de Yarkend, mais aussi à l'Ouest de ce même arc, dans le Pamir et plus loin encore vers le Sud. C'est là une nouvelle confirmation de l'indépendance de l'arc de Yarkend par rapport au flot des Altaïdes.

Ce qui frappe d'abord, dans ces chaînes intermédiaires, c'est l'abaissement rapide de tant d'anticlinaux importants et le fait que dans le bassin de l'Amou comme dans le bassin du Syr, ils s'écartent, au bord nord-ouest, un peu à la façon d'un éventail. On dirait que là, les synclinaux n'ont pas la même valeur que les anticlinaux.

Les anticlinaux libres ont la tendance à se prolonger.

Certains indices semblent montrer qu'il en a été réellement ainsi dans le cas qui nous occupe. L'Amou-Daria et le Syr-Daria, abstraction faite de leur cours supérieur établi dans les hautes montagnes, s'écoulent sur un territoire abandonné en dernier lieu par la mer ou par des lacs intérieurs et sur les sédiments déposés dans ces vastes nappes d'eau, aujourd'hui disparues ou très réduites. Ces fleuves constituent donc les tronçons les plus récents de leurs propres réseaux. Leur cours s'est établi sans doute à la surface de ces dépôts, à mesure que l'étendue des parties submergées diminuait. Actuellement, comme nous l'avons vu, ils recoupent l'un et l'autre les pointes extrêmes, au Sud-Ouest, des chaînes intermédiaires. La surface des sédiments modernes horizontaux a bien pu être abaissée quelque peu sous l'influence du vent ou d'autres causes, mais pas cependant dans une proportion suffisante pour qu'on puisse expliquer ainsi la mise à nu du Kham-Tagh, qui surgit à une assez grande hauteur sur la rive gauche de l'Amou-Daria en face de Kélif, ou la saillie du Mont Chirin-Ferkhat, qui s'élève sur la rive gauche du Syr-Daria en aval de Khodjent.

Ces reliefs sont les extrémités naturelles des deux rameaux les plus accentués des chaînes intermédiaires affectant la direction S.W. : à Kélif, c'est la chaîne qui vient de Derbent et probablement du Khazreti-Sultan; à Khodjent, il s'agit du puissant Tchatkal (Mogol-Taou). *Peut-être convient-il de voir dans le Kham-Tagh, en face de Kélif, et dans le Chirin-Ferkhat au Sud-Ouest de Khodjent, la mesure de l'allongement que ces deux chaînes intermédiaires ont subi dans la direction de leur axe, à une époque toute récente*[1].

Dans les deux cas, ces reliefs sont encore aujourd'hui rattachés à

1. Le prolongement latéral des plis s'est manifesté avec ampleur dans le Kouen-lun, de l'Arka-Tagh au Tsin-ling-Chan. Cette question n'a guère été discutée en Europe, parce qu'il est très rare d'y voir les extrémités libres des plis, comme aux Lägern dans la partie orientale du Jura, et dans le faisceau de la Save, dont nous parlerons bientôt.

leur axe, au delà de l'Amou-Daria et du Syr-Daria, par des rapides. Il en va de même pour les extrémités des anticlinaux tertiaires en aval de Kélif, dont la séparation est également incomplète. Les deux accidents tertiaires qui franchissent le Syr-Daria en amont de Khodjent ne donnent aucune indication sur la question du prolongement primitif.

Ainsi, tandis que ces faits, rapprochés du plissement des couches salifères, mettent en évidence la réalité des mouvements récents, on ne doit pas oublier que dans les chaînes principales notamment, il existe des indices nombreux d'un âge plus ancien. Un des exemples les plus frappants est fourni par la chaîne de Manghychlak, où toute la série des couches, à partir du Jurassique, s'appuie en discordance et à peine ondulée sur des phyllades anciens violemment plissés. Mais il n'y a pas eu seulement des mouvements d'âge différent. L'interférence indubitable des plis orientés N.E. et des plis orientés N.W. montre en outre qu'à côté du grand mouvement d'ensemble de tous les arcs du Tien-Chan, *chacun des arcs principaux* — chaque segment de disque ou, si l'on veut, chaque tuile — *doit avoir possédé ou possède une certaine indépendance :* ces mouvements propres se sont fait sentir de temps à autre, suivant les circonstances, et ont déterminé l'interférence par la formation de plis secondaires, plus récents. Dans le bassin de l'Amou-Daria, on ne connaît pas d'interférences de ce genre. Dans le bassin du Syr-Daria, du moins à l'Ouest, les plis s'orientant N.W. sont plus récents et secondaires. Mais l'on constate que ces plis récents orientés N.W. possèdent presque la direction de la chaîne principale, le Kara-Taou, tandis que les plis N.E., qui sont plus accentués, présentent à peu près la direction de l'Alaï; c'est-à-dire qu'on retrouve dans les deux cas la direction des arcs principaux, mais la direction N.W. répond à l'aile occidentale et la direction N.E. à l'aile orientale. *L'interférence n'est donc pas due à des influences étrangères, mais correspond à la suite du développement des arcs principaux*, peut-être aussi à un léger déplacement du sommet des courbes, ou même simplement à un mode particulier d'adaptation tardive et de compensation. Ce n'est pas dans sa partie médiane mais vers son extrémité orientale que l'arc de l'Hindou-Kouch atteint de beaucoup ses plus grandes dimensions; l'intensité du phénomène orogénique diminue manifestement vers l'Ouest, et l'extrémité occidentale du faisceau se décompose en une série de coulisses. Cela doit provenir de son appartenance aux Altaïdes. De même, toutes les chaînes intermédiaires sont beaucoup plus puissantes à l'Est, et meurent à l'Ouest.

Sur le Syr-Daria, où Mouchkétov a désigné les chaînes intermédiaires sous le nom de « chaînes de l'Alaï » et où se trouvent les deux lignes de jonction tertiaires, on peut les considérer comme les *moitiés orientales d'arcs du Tien-Chan*, dont la direction correspond alors à celle de l'Alaï. Mais du côté du bord occidental (Monsar) et peut-être aussi au Nord, du côté du Talasskii-Alataou, on voit se former des arcs convexes vers le Nord-Ouest qui s'écartent de la direction du Tien-Chan. Nous avons dit que Mouchkétov est disposé à attribuer à ces chaînes intermédiaires, d'une façon générale, une allure curviligne harmonique. Il en résulte une contradiction par rapport à l'analogie dont nous parlions avec la direction des chaînes principales, et d'autre part, une ressemblance de plus avec la direction si étrange des chaînes intermédiaires de l'Amou-Daria et du long alignement Mouk Sou-Vakhch. Ces accidents, on s'en souvient, commencent dans le Pamir en suivant une direction à peu près E.-W., puis décrivent une courbe convexe au N.W. si accentuée que leur prolongement jusque vers Kélif devient presque perpendiculaire à la direction des avant-chaînes de l'Hindou-Kouch. C'est seulement dans l'anticlinal tertiaire le plus lointain à l'Ouest, en aval du Felizidan-Taou, qu'on peut constater une tendance au parallélisme.

Nous devons considérer une fois de plus le prolongement des axes. Deux types de plis se distinguent nettement. Les uns, les plus longs, auxquels nous avons donné le nom de chaînes principales, non seulement dépassent de beaucoup les autres dans la direction de l'W.N.W. ou du N.N.W., en donnant naissance à la virgation; mais l'Hindou-Kouch nous montre un exemple dans lequel l'extrémité occidentale affaiblie atteint en quelque sorte l'autre rive, et jalonne ensuite la corde de l'arc méridional de la Caspienne. Sur une plus petite échelle, les chaînes de l'Indus sous-tendent de la même façon l'arc du Sewestan. La limite n'est donc nette que du côté de la plus petite des concavités de l'Iran, celle de l'Ouest; dans la grande concavité de l'Est, les Altaïdes paraissent comme s'abîmer.

Le cours du Danube, auquel plusieurs défilés rocheux fournissent autant de points fixes, tandis que le fleuve refoulé vers la droite déroule dans l'intervalle ses méandres, a été comparé à une chaîne suspendue. Cette image peut servir aussi pour l'Hindou-Kouch à titre de comparaison, sinon d'explication. Mais cette comparaison s'applique mieux encore aux chaînes intermédiaires de l'Amou-Daria : on a l'impression qu'à l'origine, du côté de l'Est, l'activité orogénique a dû être douée d'une grande puissance et se faire sentir

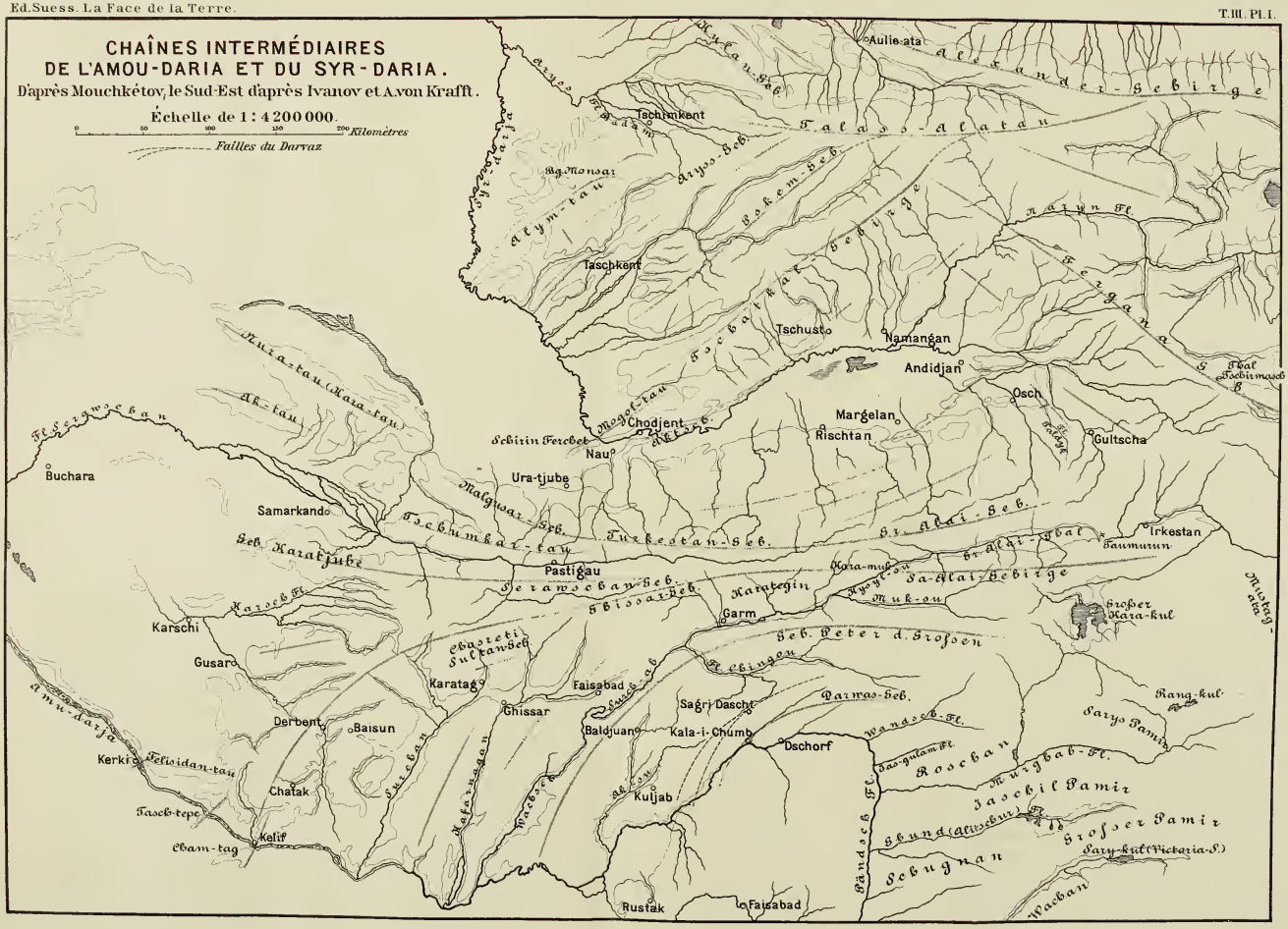
suivant la direction normale; plus tard, tandis que les anticlinaux continuaient à se développer, elle aurait diminué, pendant une phase spéciale indiquée par la position du coude, ce qui aurait permis aux anticlinaux de prendre une allure différente et de s'orienter plutôt S.S.W. ou S.W. En poursuivant notre comparaison, on devrait dire alors que les parties occidentales récentes des chaînes intermédiaires pendent librement, par exemple entre les Portes de Fer près de Derbent et Kélif.

Après ce qu'on vient de lire, un nouvel examen des parties septentrionales de la virgation est à peine nécessaire. On voit que les plis « perdus », au Sud du Balkhach, résultent du développement prépondérant de l'aile soit orientale, soit occidentale de l'un des arcs en forme de tuile; l'angle rentrant du Kara-Tach, au Sud de l'Outch-Kara, est une répétition de l'état de choses observé sur le cours supérieur de l'Aryss et du Karch; la fosse de l'Ebi-Nor est déterminée par des lignes disjonctives parallèles à la branche occidentale d'un de ces arcs, et recoupant l'aile orientale d'un autre arc dans l'Alataou dzoungare, etc.

L'Hindou-Kouch, qui représente le plus avancé de ces rameaux au Sud, coupe la direction du Safed-Koh et se rapproche beaucoup de la direction de l'arc externe de l'Iran, mais prend ensuite un tracé perpendiculaire à l'arc méridional de la Caspienne. Dans les arcs iraniens, les affleurements de roches anciennes indiquent à l'Est et à l'Ouest des plissements d'une intensité notable, tandis qu'au centre on ne voit que des terrains plus récents. L'Hindou-Kouch, de même que les chaînes intermédiaires et toute la partie méridionale de la virgation, ne mettent en évidence des mouvements énergiques qu'à l'Est; dans la direction de l'Ouest, la diminution d'intensité est au contraire frappante.

Les branches septentrionales du Tien-Chan se développent librement jusqu'à la rencontre du prolongement des montagnes de Kachgar et du Moustagh-Ata vers le Nord. Puis ses plis se déroulent à l'Ouest de l'arc de Yarkend, de la même manière que les plis du Nan-Chan à l'Est de ce même arc. D'après les données dont on dispose aujourd'hui, la région d'où descendent tous ces plis, sur le versant occidental, se trouve coïncider beaucoup plus exactement qu'on ne pouvait le supposer jusqu'à présent avec le méridien qui correspond au rebroussement des bords du Jhelam (I,p . 588).

11. L'Asie actuelle. — Nous voici arrivés à la fin de notre analyse de l'Eurasie orientale. On verra bientôt que les plissements


CHAÎNES INTERMÉDIAIRES
DE L'AMOU-DARIA ET DU SYR-DARIA.
D'après Mouchkétov, le Sud-Est d'après Ivanov et A. von Krafft.
Échelle de 1 : 4 200 000.
0 50 100 150 200 Kilomètres
Failles du Darvaz
Aulie-ata
Alexander-Gebirge
Tschimkent
Talass-Alatau
Ag-Monai
Alym-tau
Tschkent
Tschusto
Namangan
Andidjan
Ferghana
Osch
Margelan
Rischtan
Gultscha
Chodjent
Sebirin Ferdeb
Naut
Ura-tjube
Buchara
Samarkando
Tschumkar-tau
Turkestan-Geb.
Irkestan
Pastigau
Karategin
Garm
Karschi
Gusar
Karatag
Ghissar
Faisabad
Sagri Dascht
Baldjuan
Kala-i-Chumb
Dschorf
Derbent
Baisun
Kerki
Chatak
Kuljab
Kelif
Rustak
Faisabad
Roschan
Jasgulem Fl.
Sebugnan
Großer Pamir
Sary-kul (Victoria-S.)
Rang-kul
Sarjo Pamir
Wakhan
Amu-darja
Ak-tau
Kara-tau
Kuia-tau
Ak-tau
Sebirin Ferdeb
Naut
Ura-tjube
Malguar-Geb.
Tschumkar-tau
Turkestan-Geb.
Geb. Karatjube
Karatjube
Karatjube Fl.
Karatjube Fl.
Karatjube Fl.

asiatiques n'atteignent pas l'Europe suivant le seul alignement Kopet Dagh-Balkhan-Caucase, par exemple, mais que d'une manière générale, de la Mer Polaire à la Méditerranée, il n'existe aucune limite naturelle entre l'Eurasie orientale et l'Eurasie occidentale. En dépit de cette indivisibilité tectonique, l'Asie actuelle constitue, notamment au point de vue de son rôle sur toutes les branches de la vie organique, une si puissante unité qu'il y a un véritable intérêt à jeter un coup d'œil sur cet état actuel.

C'est ce que de grands maîtres ont essayé de faire, Alexandre de Humboldt en partant des montagnes, Ferdinand de Richthofen en partant des plaines, Mouchkétov en insistant sur la jonction tardive de la mer touranienne (aralo-caspienne) avec le domaine de Yarkend.

L'état de la science permet aujourd'hui de donner à l'élément historique une part un peu plus forte dans la considération du présent.

En premier lieu, on constate que tous les territoires anciens possèdent des réseaux hydrographiques bien développés et un libre écoulement à la mer.

Ceci s'applique aussi bien au continent de Gondwana, dans la presqu'île de l'Inde, qu'au môle sinien et au noyau primitif du continent de l'Angara, des sources de la Sélenga à l'Océan Glacial. Partout, dans ces régions anciennes, de grands fleuves venant de loin descendent des hautes montagnes, où les eaux travaillent à faire reculer les limites de leurs bassins, comme R. D. Oldham l'a montré pour le versant abrupt, tourné vers le Sud, des cols de l'Himalaya[1].

Les notions qu'expriment les adjectifs « central » et « périphérique », telles que Richthofen les a formulées à propos de l'Asie, ont pour corrélatifs deux symboles : le sel et la houille. Le sel, de même que le gypse, indique l'absence d'écoulement ou la situation centrale; et la houille, quand elle s'est formée comme en Asie dans de grands bassins d'eau douce, atteste le libre écoulement sans lequel aucune masse d'eau ne pourrait conserver longtemps sa composition normale.

Dans le fragment indien du continent de Gondwana, il n'existe pas de dépôts de sel en dehors du Salt Range, où ils appartiennent à l'un des termes les plus anciens de la série paléozoïque. Au moins depuis le Gondwana inférieur règnent dans la péninsule des formations d'eau douce. Les grands effondrements linéaires qui ont morcelé le pays, après le Gondwana inférieur, n'ont pas modifié cet état

1. R. D. Oldham, *The River-Valleys of the Himalayas* (Journ. Manchester Geogr. Soc., 1894).

de choses; les transgressions mésozoïques n'ont affecté que les bords, et depuis l'époque de la *Glossopteris Browniana*, le réseau fluvial a pu se développer, non sans subir d'ailleurs plus d'une modification.

Il n'en va pas autrement au centre du continent de l'Angara. Les dépôts de sel du Vilioui sont considérés comme d'âge silurien inférieur, et ceux de Minoussinsk appartiennent au Dévonien supérieur ou peut-être même au Culm; ce sont les plus récents. A partir de l'époque des derniers *Lepidodendron*, qu'on désigne dans cette région sous le nom d'époque de la flore Toungouse et qui doit correspondre à très peu près au Gondwana inférieur, jusqu'à l'époque actuelle, on ne trouve sur le plateau de la Sibérie Orientale et sur le faîte primitif aucun gîte de sel, tandis qu'on y rencontre beaucoup de houille et uniquement des dépôts d'eau douce. Les transgressions mésozoïques de l'extrême Nord ne parviennent pas à troubler cette situation d'une manière durable. L'Ob, coulant sur des sédiments récents, est dans l'état actuel un fleuve jeune; mais les conditions favorables au développement du réseau hydrographique règnent, dans toute la Sibérie et dans le Nord de la Mongolie, depuis une époque tout aussi reculée que dans la presqu'île de l'Inde. Pour cette raison, les rapides y sont rares, sauf quand des laves basaltiques leur ont donné naissance, comme sur l'Angara. L'hypothèse d'après laquelle la Sélenga et l'Angara représenteraient un même cours d'eau, antérieur à la formation du Baïkal, cadre bien avec ce résultat.

A l'Est, et même à la traversée du Petit Khingan par l'Amour, l'état des choses n'est guère différent. Sans doute, des plissements s'y sont fait sentir plus tard, mais nous savons que les plaines de l'Amour n'ont été également qu'à peine touchées par les transgressions arctiques et qu'au contraire, comme les plaines de la Mandchourie, elles sont remplies de formations d'eau douce remontant au moins jusqu'à l'époque de l'*Asplenium whitbyense*. Ces formations d'eau douce atteignent même le rivage actuel. Ivanov décrit des couches tertiaires à lignites qui, au S.S.W. du lac Khanka, forment des lambeaux isolés, s'élevant à une altitude (465 m.) supérieure à celle de la ligne de partage actuelle, et s'étendant jusqu'à l'Océan[1]. Dans les îles du Japon, la série mésozoïque est aussi interrompue encore par des dépôts d'eau douce.

Ainsi, dans l'Est, l'érosion a eu de même un temps très long pour agir.

1. D. L. Ivanov, Gornyi Journal, 1891, III, p. 248-304. On exploite de la houille sur le bord même de la mer (Berg- und Huttenmänn. Zeitung, 1896, Nr. 36). Il en est de même à Sakhalin et sur divers points des côtes orientales.

Tous les anciens massifs continentaux présentent aujourd'hui les caractères des régions périphériques. Partout, la houille s'y montre plus récente que le sel. Mais les couches à empreintes végétales de la série de l'Angara pénètrent en outre dans des contrées qui, actuellement, sont privées d'écoulement vers la mer. Des gisements de ce genre s'étendent jusqu'au bord septentrional de la Téthys, par exemple sur la lisière sud du bassin de Yarkend et dans la région du Touran, notamment sur le Syr-Daria. Ces régions ont été jadis périphériques; était-ce au profit de la Téthys? C'est ce qu'il ne sera pas toujours possible d'établir; aujourd'hui, elles sont devenues centrales. *Nous arrivons à des territoires où le sel est plus récent que la houille.*

Deux événements ont eu la plus profonde influence sur l'histoire du continent actuel : la formation des longs faisceaux de plis des Altaïdes, et le retour de la mer à l'Ouest. Cette dernière circonstance donne à la région de l'Ouest, qui est la principale des « régions de transition » de Richthofen, une histoire à part.

Là, dans le Touran et dans certaines parties de l'Iran, la Téthys s'agrandit tardivement; le phénomène débute par des oscillations dans le Lias, mais déjà, vers le milieu du Jurassique moyen, son ampleur est devenue telle qu'à l'Ouest de l'Oural un bras atteint le domaine actuel de la Mer Glaciale, qu'il rattache à l'Océan Indien en traversant toute l'Eurasie. La transgression du Crétacé moyen pénètre profondément dans le domaine du Tien-Chan actuel; une communication avec l'Iran existe sur l'emplacement de l'Hindou-Kouch occidental. Encore à l'époque éocène, cette mer s'étend jusque dans le bassin du Yarkend-Daria, et des dépôts marins oligocènes atteignent par Tourgaï, à l'Est de l'Oural, l'extrême Nord. Vers ce moment, toutes les parties exondées de l'Ouest sont périphériques. Puis cette mer se ferme et s'évapore.

Il n'est guère possible de dire quand a commencé, dans ces parages, la grande période de formation du sel. Elle a duré jusqu'à l'époque du Schlier et au début du deuxième étage méditerranéen, et c'est alors qu'une nappe d'eau plus ou moins saturée, et située au-dessous du niveau marin normal, s'étend de la vallée moyenne du Danube jusqu'à d'énormes distances vers l'Orient, peut-être jusqu'à Garm sur le Pandj, et peut-être même jusqu'au Rang-Koul dans le Pamir et au col de Baroghil. Ensuite, on voit reparaître les indices d'une communication avec l'Océan; dans la presqu'île de Kertch, le *Pecten denudatus* est un premier symptôme de ce genre, pendant ou immédiatement avant la formation du sel; il en est de

même, et avec plus de netteté encore, pour les bancs à *Spaniodon* de l'époque du deuxième étage méditerranéen sur les bords du Kara Bougaz, et surtout pour les couches sarmatiques de l'Oust-Ourt. Puis cette communication cesse, et l'isolement dure jusqu'à l'époque actuelle.

Dans le Centre et l'Est de l'Asie, il n'existe pas de formations salines récentes de ce genre. Les dépôts de gypse et de sel du Gobi, pour autant qu'on les connaît, ne résultent pas de l'isolement de parties d'un Océan, mais de l'évaporation locale d'eaux douces intérieures, sur des surfaces restreintes. Les débris de Mammifères qu'on y a trouvé jusqu'à présent ont surtout des affinités avec la faune des Siwaliks, ce qui indiquerait une date plus récente que l'étage sarmatique, et par conséquent postérieure à l'époque de la grande formation salifère de l'Ouest. Mais cette fois encore, la date du début est inconnue. Tous les gîtes de sel du Gobi se trouvent dans des régions encadrées par des arcs montagneux. Là, dans l'Est, la formation des Altaïdes a joué un rôle important, tandis que dans l'Ouest la transgression de la mer et une fermeture lointaine, d'origine probablement tectonique, ont été décisives.

En général, l'influence des arcs montagneux a été, suivant les cas, très différente. Les arcs de l'Himalaya sont percés de nombreuses vallées transversales ; à côté, l'arc marginal de l'Iran est au contraire absolument continu. Quoique ce contraste paraisse en rapport avec une cause profonde, peut-être n'y a-t-il pas lieu d'y attacher une grande importance : on pourrait objecter, en effet, la différence des climats, et pour l'Iran, l'éloignement des hautes chaînes neigeuses.

Dans la structure et dans l'histoire de l'Asie, on peut par conséquent distinguer un certain nombre d'individualités, se succédant

1. On sait que Medlicott dans l'Inde, Hayden et Powell dans l'Amérique du Nord, et Tietze en partant d'observations faites dans l'Elbourz et dans les Carpathes, sont arrivés, indépendamment les uns des autres, à l'idée que les cours d'eau sont antérieurs au plissement du territoire qu'ils traversent, et que l'érosion est parvenue à entamer l'obstacle dans la mesure où sa hauteur augmentait, « comme la scie traverse une planche en mouvement ». A cette théorie de l' « Antécédence », Emmons a opposé la théorie de la « Surimposition », qui admet que les montagnes ont été recouvertes de sédiments plus récents ayant aujourd'hui disparu. Dans le présent ouvrage, nous avons admis l'antécédence pour le Kélif et le Khodjent, pour la cime isolée du Junction Peak, près des Monts Uinta, la surimposition (I, p. 775), pour la vallée transversale du Kyzyl-Sou, le débordement d'un lac qui n'existe plus et qui occupait la vallée de l'Alaï. Très souvent, il peut n'y avoir là que le résultat de l'érosion régressive. Dans les vallées transversales du Hunza, un rôle important revient peut-être à l'action des glaciers. Mais la théorie de l'antécédence suppose que les chaînes de montagnes où l'on observe des vallées de ce genre *se sont formées dans un territoire émergé*. Elle est donc susceptible d'expliquer plutôt la conservation des vallées transversales que leur origine première. Il semble bien, par exemple, qu'on puisse admettre l'antécédence, depuis l'époque où vivait l'*Asplenium whitbyense*, pour la percée du Petit Khingan par l'Amour.

l'une après l'autre : d'abord le faîte primitif et le plateau cambrien, le môle sinien, de l'Ordos à la Corée, et le fragment indien du continent de Gondwana ; — puis l'arc de Yarkend ; — enfin le faîte récent avec les Altaïdes, qui resserrées à l'Est comme à l'Ouest au contact de l'arc de Yarkend, se propagent en même temps de part et d'autre, à l'Est débordant jusqu'à la virgation des Philippines et à la Mer de Banda, à l'Ouest s'ouvrant dans la virgation du Tien-Chan et pénétrant en Europe, au Sud-Est venant se confondre avec l'arc birman, et au Sud-Ouest se rattachant d'assez près à l'arc iranien. Entre les deux parties séparées par le horst de l'Inde, l'Himalaya surgit comme suite à la formation de l'arc de Yarkend.

Les nappes stratiformes qui prennent part à la constitution de cet édifice, en dehors des roches précambriennes et des épanchements volcaniques ou des tufs, sont de quatre sortes : 1° les formations marines normales : 2° les produits d'évaporation, dus à l'isolement de bras de mer (sel du Salt Range, du Vilioui, de Minoussinsk, de l'Iran et du Touran) ; 3° les transgressions limniques (II, p. 408), représentées par de grandes nappes d'eau douce (Culm du Tannou-Ola ; bassin houiller de Kouznetsk ; *série de l'Angara* sur l'Angara et la Podkamennaïa Toungouska, dans les plaines de l'Amour et de la Mandchourie ; lignites tertiaires de la Sibérie Occidentale et Orientale, etc.) ; 4° les formations désertiques. Les dépôts du Gobi, avec leurs colorations rouges, les amas des *Biel*, les gisements locaux de sel et de gypse fournissent un type excellent pour l'interprétation des particularités du Rothliegende de l'Europe.

Les contours des mers transgressives se disposent à chaque instant en harmonie avec la configuration de la surface, qui dépend des phénomènes orogéniques, de la dégradation générale, du tracé des cours d'eau et de circonstances diverses. Les contours des transgressions limniques sont déterminés par des conditions analogues ; mais tout autres sont les facteurs qui interviennent dans le cas des formations désertiques, car l'influence du relief est alors beaucoup moindre. Dans les massifs anciens, le dessin des rivages de la terre ferme, quand il résulte de l'effondrement des mers, demeure indépendant de la direction des plis, comme le montrent les contours de la presqu'île de l'Inde. Dans les chaînes plus récentes, les effondrements épousent souvent le tracé des lignes disjonctives longitudinales, comme l'attestent la Mer d'Okhotsk et le Sikhota-Alin.

La Terre de Taïmyr et l'arc de Verkhoïansk demeurent provisoirement hors de cause.

CHAPITRE VIII

LES TAURIDES ET LES DINARIDES

1. L'Asie Mineure; arcs pontiques; environs d'Héraclée et d'Amasra. — 2. Côte occidentale et îles de l'Archipel; rebroussement des plis. — 3. Le golfe tertiaire de l'Albanie. — 4. Traits principaux des Dinarides. — 5. Traversée de la Mer Adriatique; environs d'Idria. — 6. La zone tonalitique. — 7. La chaîne Carnique. — 8. Transgression de la couverture dinarique. — 9. Mouvements récents.

1. L'Asie Mineure. — Des hautes terres de l'Arménie, un grand segment d'arc se dirige à travers le Taurus et la chaîne adjacente de l'Amanus jusqu'à l'île de Chypre. Un second segment d'arc se poursuit de la Haute-Italie par les chaînes dinariques jusqu'à l'île de Crète. Ces deux segments ont été désignés dans le présent ouvrage sous le nom d'arc dinaro-taurique (I, p. 662). Toutefois les deux éléments principaux de cet ensemble, les Taurides à l'Est et les Dinarides à l'Ouest, conservent une certaine indépendance, qui se traduit par un rebroussement, dessinant un angle rentrant, le long des côtes occidentales de l'Asie Mineure.

Dans un mémoire très remarquable, Edm. Naumann a cherché à déterminer les lignes directrices de la structure de l'Asie Mineure (fig. 68). Dans cet exposé, il distingue trois arcs de plissement principaux et des portions d'un quatrième. Le premier, au Nord-Est, est l'*arc pontique oriental;* il borde la rive méridionale de la Mer Noire, à l'Est, jusque vers Sinope. A ce premier arc se rattache l'*arc pontique occidental*, dont les parties sud-ouest (zone phrygienne) atteignent le bord interne du troisième grand arc. Celui-ci, l'*arc du Taurus occidental*, entoure les plaines de Lycaonie; Chypre en fait partie; d'après Naumann, il vient se raccorder vers l'Ouest, par

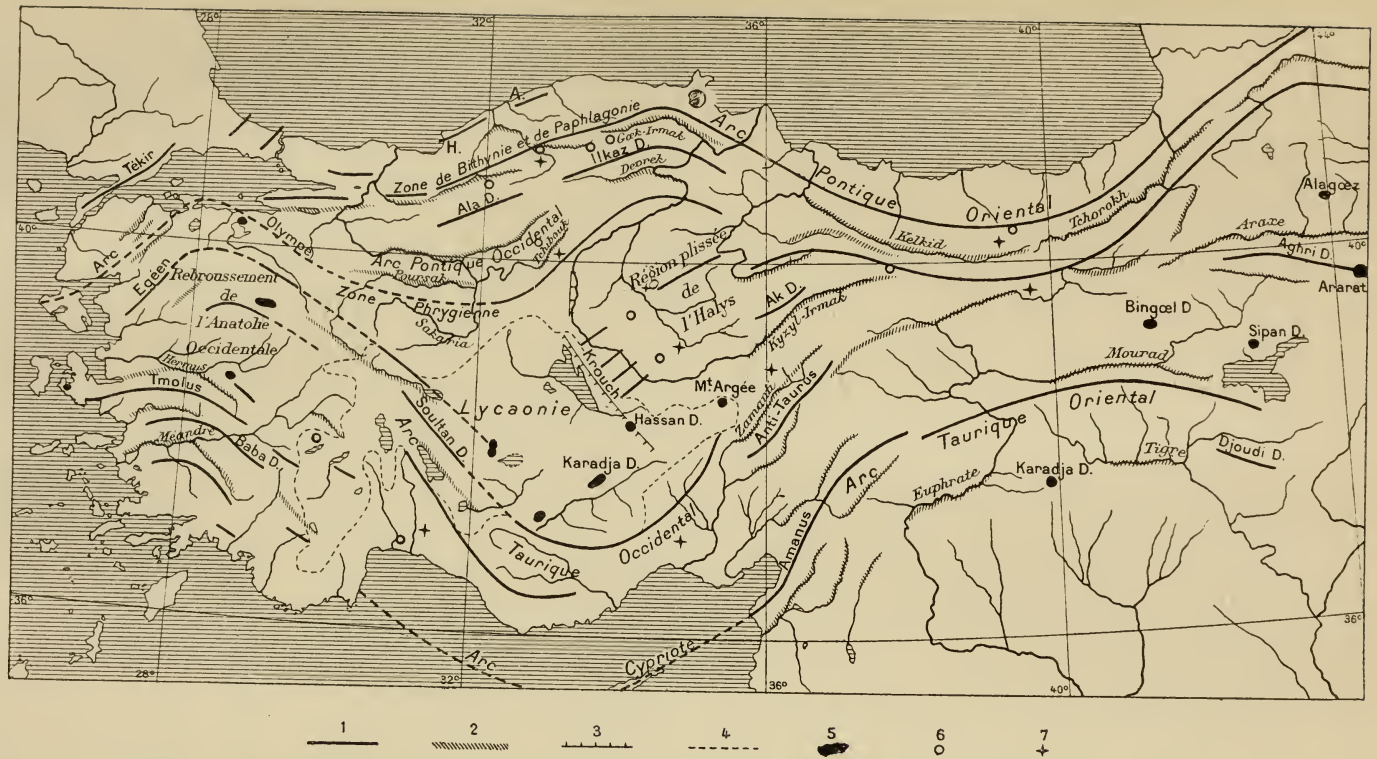


FIG. 68. — Directrices tectoniques de l'Asie Mineure, d'après Edm. Naumann (Geogr. Zeitschrift, II, 1896, Taf. I).

1. Allure des plis et des arcs montagneux; 2. Sillons longitudinaux; 3. Failles; 4. Limites des régions sans écoulement; 5. Volcans; 6. Éocène horizontal; 7. Éocène disloqué. — Échelle de 1 : 9 000 000.

un angle de rebroussement, aux tronçons d'un quatrième arc, l'*arc égéen*[1].

Les travaux déjà anciens de Koch, de Tchihatcheff et surtout de Abich justifient la distinction de l'arc pontique oriental. Sur le bas Tchorokh il semble bien, il est vrai, que des chaînons dirigés E.-W. et peut-être même N.W.-S.E. s'avancent jusqu'à une assez grande distance vers l'Ouest; mais sur la rive gauche du fleuve, au Sud de Batoum, la direction S.W., ici encore, est prépondérante[2].

Des calcaires crétacés et des serpentines jouent un rôle très important dans la constitution de cet arc. A partir d'Ardanoutch, on doit sans doute regarder la vallée du Tchorokh jusqu'au voisinage de ses sources, comme une vallée longitudinale. C'est à l'Ehiaour-Dagh, au Nord du Kelkid, que se trouve le sommet de l'arc s'avançant vers le Sud. Une large zone d'épanchements volcaniques, qui va en se rétrécissant vers l'Ouest, s'étend des bords de l'Araxe jusque vers les sources de l'Euphrate. Aux sources mêmes de l'Araxe se dresse le cratère du Bingœl; beaucoup d'autres grands volcans surgissent au milieu des chaînes formées de calcaire et de serpentine. Dans les vallées, on trouve des dépôts du premier étage méditerranéen, redressés par les mouvements orogéniques. Le Tchatin-Dagh se présente comme un premier éperon du faisceau des plis du Taurus, orientés W.S.W. ou S.W., au Nord des sources du Mourad (I, p. 656). C'est vers Erzéroum, Mamakhatoun et Erzinghan, à ce qu'il me semble, que les chaînes tauriques se séparent peu à peu de celles de l'arc pontique oriental.

D'après les indications de Naumann, une zone interne de plis tauriques orientés S.W. se suit du Nord-Est, en dedans du coude de l'Halys, jusqu'au bord de la dépression de Lycaonie, où elle est coupée par une cassure. A l'Est de cette région, le puissant Mont Argée, près de Kaïsarieh, se dresse à 4000 mètres, et là commence la zone des volcans qui jalonne, en décrivant un demi-cercle régulier, le bord interne de l'arc taurique[3].

Quant aux parties culminantes de la chaîne principale du Tau-

1. Edm. Naumann, *Die Grundlinien Anatoliens und Centralasiens* (Hettner, Geogr. Zeitschr., II, 1896, p. 7-25, pl. I-II : cartes); art. reprod. en partie dans l'ouvrage du même auteur : *Vom Goldnen Horn zu den Quellen des Euphrat*, gr. in-8°, München-Leipzig, 1893, p. 373 et suiv.

2. H. Abich, *Geologische Forschungen in den kaukasischen Ländern*, in-4°, II, Wien, 1882, p. 185, etc.; voir aussi W. J. Hamilton, *Reisen in Kleinasien, Pontus und Armenien*, éd. allemande, 1843, in-8°, I, p. 197 et suiv.

3. Une bonne description de la partie orientale de cette zone se trouve dans R. Oberhummer und H. Zimmerer, *Durch Syrien und Kleinasien. Reiseschilderungen und Reisen*, in-8°, Berlin, 1899; voir en particulier L. von Ammon, même ouvr., p. 330 et suiv.

rus, Kotschy savait déjà qu'elles sont constituées par du calcaire; nous devons des renseignements plus précis à Schaffer, qui a traversé ces montagnes suivant trois routes différentes. Le premier de ses itinéraires, au Nord, part de Boulghar-Maaden et se dirige au Sud-Est, par le Boulghar-Dagh (3145 m.), vers Gulek-Boghaz; le second franchit la chaîne d'Aïdost (3550 m.), et le troisième, au Sud, passe par le col de Dumbelek (2700 m.). Sur ces trois lignes, on voit sur le versant nord-ouest des calcaires éocènes et probablement aussi crétacés très redressés, et sur le versant sud-est ou sud des calcaires fort épais du premier ou du second étage méditerranéen, qui bien que l'allure en soit assez tranquille et d'ordinaire inclinée en pente douce à partir des montagnes (peut-être y a-t-il aussi un anticlinal surbaissé), atteignent des hauteurs étonnantes. A l'Est du Dumbelek-Dagh, ces calcaires presque horizontaux se montrent encore à 2300 mètres. Cette puissante ceinture de calcaires discordants forme des plateaux dont la surface rappelle celle du Karst, et se prolonge au loin vers le Sud-Ouest et l'Ouest dans la vallée du Calycadnus.

Au Nord-Ouest du Dumbelek apparaît un anticlinal autonome, le Karabounar-Dagh, consistant en calcaires éocènes ou crétacés, et aussi en calcaires cristallins avec serpentine et schistes verts; le sommet de l'Aïdost présente des calcaires gris et des schistes noirs micacés. Des roches analogues affleurent plus au Nord, à la Porte de Cilicie, et on sait par les travaux de Tchihatcheff que plus au Nord-Est encore, dans l'Ala-Dagh, les serpentines occupent de grandes étendues[1].

Dans la chaîne puissante du Taurus cilicien, on ne connaît guère, jusqu'à présent, de roches dont l'âge soit incontestablement antérieur au terrain crétacé.

A la structure de ces montagnes se rattache un problème qui n'est pas résolu. Dans l'ensemble, sans doute, les terrains s'alignent au N.E., comme l'indique le relief du sol, parallèlement à la bande volcanique, d'un côté, et à la chaîne de l'Amanus, de l'autre. Il est manifeste, de plus, que les couches tertiaires méditerranéennes se sont déposées en contre-bas d'une chaîne plissée suivant cette direction. Mais Schaffer a constaté qu'en plusieurs endroits, et notamment dans la dépression comprise entre le pied du Taurus cilicien

1. F. Schaffer, *Geologische Studien im südöstlichen Kleinasien* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., CIX, Abth. 1, 1900, p. 498-525; et CX, 1901, p. 5-18). [Voir aussi F. Schaffer, *Zur Geotektonik des südöstlichen Anatolien* (Petermanns Mitteil., XLVII, 1901, p. 132-137, carte schématique p. 133).]

et l'Amanus, de longues bandes de calcaires cristallins, de marnes à silex et aussi de couches aquitaniennes à empreintes végétales, surgissant parfois comme des récifs, s'alignent du N. au S., c'est-à-dire suivant une direction qui diffère de celle des grandes chaînes. Tel est à titre d'exemple le rocher calcaire, s'élevant à 350 mètres d'altitude, qui porte le château de Sis.

Russegger, Tchihatcheff et Schaffer ont rapporté des fossiles dévoniens de l'Anti-Taurus ; Blanckenhorn a également trouvé des Brachiopodes paléozoïques au Ghiaour-Dagh, à l'extrémité septentrionale de l'Amanus. Plus au Sud-Ouest, dans l'Amanus comme dans le Casius (Djebel Akra), reparaissent ces mêmes calcaires, associés à des gabbros et à des serpentines, qui constituent une si notable partie des chaînes tauro-dinariques.

A l'exemple de Blanckenhorn, nous placerons la limite avec le plateau de Syrie au golfe tertiaire où le Nahr-el-Kébir, près de Latakieh, se jette dans la Méditerranée [1].

Les Montagnes des Kurdes, de même que le petit chaînon qui, dans le Golfe d'Alexandrette, vient former le Cap Karatach, appartiennent encore au faisceau taurique. Leur prolongement se retrouve en Chypre [2].

Blanckenhorn a fait remarquer que dans la vallée du Kara-Sou, entre l'Amanus et les Montagnes des Kurdes, on trouve des laves récentes et une source chaude sulfureuse ; il s'est demandé si cette vallée ne représenterait pas le prolongement du grand fossé syrien. Schaffer a exploré la partie septentrionale de la vallée et croit qu'en effet, cet accident s'étend jusqu'à Marach [3].

Ici, nous pouvons interrompre momentanément l'examen de l'arc taurique principal, et revenir au Nord des plaines de Lycaonie.

Près d'Angora, Naumann signale un pli renversé vers l'E.S.E. ; plus à l'Ouest, vers Polatly, s'étend un plateau horizontal [4]. Dans

1. M. Blanckenhorn, *Grundzüge der Geologie und physikalischen Geographie von Nord-Syrien*, in-4°, Berlin, 1891, p. 6-14, carte (voir le t. I du présent Ouvrage, p. 659, note 1).

2. Comme autrefois Gaudry, Bergeat a décrit depuis les roches de cette île. Il n'y existe pas seulement des serpentines et des calcaires probablement crétacés, mais aussi des traces du terrain jurassique ; A. Bergeat, *Zur Geologie der massigen Gesteine der Insel Cypern* (Tschermak, Mineralogische-Petrogr. Mittheil., XII, 1891, p. 263-312, pl. VIII-IX : cartes).

3. M. Blanckenhorn, *Die Strukturlinien Syriens und des Roten Meeres* (v. Richthofen-Festschrift, in-8°, Berlin, 1893, p. 115-180, carte, notamment p. 178) ; Schaffer, Mém. cité, II, p. 15.

4. Naumann, *Vom Goldnen Horn zu den Quellen des Euphrat*, p. 372. C'est également de l'Ouest d'Angora que proviennent les fossiles liasiques décrits par J. F. Pompeckj, *Paläontologische und stratigraphische Notizen aus Anatolien* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., XLIX, 1897, p. 713-828, pl. XXIX-XXXI).

tout le domaine de l'arc pontique occidental, d'après le même observateur, les couches éocènes ont conservé leur horizontalité première.

Pour la bande, longue de plus de 100 kilomètres, qui s'étend d'Héraclée jusqu'au delà d'Amasra et qui est caractérisée par la présence de gîtes de houille, on possède des renseignements détaillés, dus à Ralli[1].

L'on y voit trois bandes parallèles longues et étroites de terrain carbonifère, comprenant le Culm, le calcaire carbonifère inférieur et des couches de houille du Carbonifère supérieur. Leur direction est plus ou moins voisine de E.N.E. (N. 70° E.). Les intervalles consistent en un calcaire grossier, — la plupart du temps, du calcaire à Caprotines, — qui est comme enfoncé dans le Carbonifère. Très souvent, dans l'exploitation, quand on atteint le bord d'une de ces bandes, on bute au mur sur du calcaire, et les couches de houille sont coupées par faille. D'ailleurs, les couches ne présentent pas seulement un pendage fort et uniforme dans ces bandes, on y voit aussi des voûtes anticlinales. Mais le tracé des anticlinaux offre un parallélisme si absolu avec celui des failles, même quand ces accidents dessinent des crochets, qu'on reste dans le doute quant à la part qui peut revenir au retroussement des couches le long des failles dans la production de ces anticlinaux.

Tout ce bassin présente plutôt les caractères d'une région affaissée que d'une région plissée.

On ne peut pas affirmer davantage que les rives du golfe d'Ismid ou du Bosphore donnent de plus amples éclaircissements sur l'existence d'un arc de ce genre. Le Trias inférieur, comme l'a montré Toula, est superposé en discordance au Dévonien du Bosphore. Les directions constatées dans les couches du Trias ne cadrent guère avec l'hypothèse d'un « arc pontique occidental ». L'allure tranquille des assises tertiaires anciennes, que nous avons déjà signalée, se poursuit à partir de là jusqu'au bord du bassin d'Andrinople et plus loin encore dans l'intérieur des terres, où ces mêmes couches recouvrent les roches archéennes du massif du Rhodope[2].

1. G. Ralli, *Le bassin houiller d'Héraclée* (Annales Soc. Géol. de Belgique, Liège, XXIII, 1895-96, p. 151-267, pl. III-XIX : cartes et coupes) ; voir aussi Schlehan, *Versuch einer geognostischen Beschreibung der Gegend zwischen Amasry und Tyrla-asy an der Nordküste von Klein-Asien* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., IV, 1852, p. 96-142, pl. I-III : carte et coupes), et Garella et Huyot, *Rapport sur les mines de houille d'Héraclée* (Annales des Mines, 5e sér., VI, 1854, Mém., p. 173-234, pl. I) ; R. Zeiller, *Étude sur la flore fossile du bassin houiller d'Héraclée* (Soc. Géol. de Fr., Mém. de Paléontologie, VIII et IX, n° 21, 1899-1901, 91 p., 6 pl.).

2. F. Toula, *Eine geologische Reise nach Kleinasien* (Neues Jahrb. f. Min., 1899,

Beaucoup plus concluantes, quant à la présence d'un « arc pontique occidental », sont les séries de couches redressées que Naumann a vues dans la vallée du Sakaria, à l'amont de Balaban, en passant par Lefké et Vezirkhan; mais, là encore, à l'Est, le puissant massif tabulaire du Giœl Dagh leur succède [1].

Le même voyageur ayant constaté que dans les montagnes comprises entre Kioutayah et Balikezri, la direction du S.E. règne également, nous devons reconnaître que là, les parties occidentales au moins d'un « arc pontique occidental » sont bien visibles.

L'Olympe de Brousse, comme l'avaient déjà reconnu de Verneuil et Viquesnel, est un massif de granite intrusif, entouré de schistes anciens et de serpentine. Près du sommet de cette montagne, on trouve un lambeau de marbre blanc contenant des cristaux de grenat [2].

C'est au Sud de la partie centrale de la Mer de Marmara, à peu près suivant le méridien 28°, que Naumann place le rebroussement de l'Anatolie Occidentale, où les extrémités occidentales de l'arc pontique occidental et de l'arc taurique viendraient rencontrer les extrémités orientales des segments d'arc égéens. Toutefois, actuellement du moins, on peut conserver quelques doutes sur l'autonomie des tronçons montagneux attribués à l'arc pontique occidental, et se demander s'ils ne représenteraient pas plutôt les parties internes du grand arc taurique. De nouvelles recherches, notamment en Paphlagonie, seraient nécessaires pour résoudre ce problème [3].

Or, la question de savoir s'il se produit un rebroussement au

I, p. 63-70); *Eine Muschelkalkfauna am Golfe von Ismid in Klein-Asien* (Waagen, Beitr. z. Palaeont. u. Geol. Oesterr.-Ung. u. d. Orients, X, 1896, p. 153-157); *Eine geologische Reise nach Kleinasien* (*Bosporus und Sudküste des Marmarameeres*), Ibid., XII, Heft 1, 1898, p. 1-52, pl. I, et ailleurs.

1. Naumann, *Die Grundlinien Anatoliens und Centralasiens*, p. 15.

2. K. v. Fritsch, *Acht Tage in Kleinasien* (Mittheil. Ver. f. Erdkunde zu Halle a. S., 1882, p. 101-139, carte géol.), et W. F. Wilkinson, *Notes on the Geology and Mineral Resources of Anatolia* (Quart. Journ. Geol. Soc., LI, 1895, p. 95-97).

3. Des savants éminents, comme H. Douvillé (C. R. Acad. Sc., CXXII, 1896, p. 678-680) et F. Toula (Neues Jahrb. f. Min., 1898, I, p. 26 et suiv.), ont exprimé l'hypothèse que le Balkan se prolonge non pas par la Crimée, mais par l'Asie Mineure. M. Douvillé s'appuie sur la ressemblance des terrains des environs d'Héraclée. Je n'ai pas cru pouvoir me ranger à cette opinion. La structure du pays situé entre Héraclée et Amasra lui est contraire. Hochstetter dit que, comme Boué l'avait déjà déclaré, ce serait une erreur de considérer les Monts Istrandja comme un contrefort détaché du Balkan au Sud-Est, « dont ils sont séparés d'une façon complète, non seulement au point de vue géologique, mais aussi au point de vue orographique » (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XX, 1870, p. 390). Dans plusieurs localités, de récentes découvertes ont mis en lumière le type alpin des sédiments mésozoïques — tels les riches gisements de la Bosnie, le Trias de Balia-Maaden et les traces du Trias signalées en Grèce par Douvillé.

voisinage de la côte occidentale de l'Asie Mineure est loin d'être sans importance. Car dans l'affirmative, il en résulterait que l'effondrement égéen est situé en dehors des Taurides et n'appartient qu'au domaine occidental, le domaine dinarique.

Pour discuter cette question, commençons au Sud-Ouest.

2. Côte occidentale de l'Asie Mineure et îles de l'Archipel. — Dans une grande partie de la *Lycie* méridionale, depuis le haut massif calcaire du Massikytos (Ak-Dagh), en passant par le Souzouz-Dagh, jusqu'à la côte, près de l'île de Kekova, Tietze a vu régner partout la direction E.N.E. ou N.E. (entre *hora* 3 ou surtout 4 et *hora* 5). Peut-être se produit-il, du côté de la rive ouest du Golfe d'Adalia, un relèvement de cette direction vers le Nord. Dans cette partie de la Lycie, des dépôts de l'âge du Schlier ou du deuxième étage méditerranéen ont été portés à une altitude de plus de 4 000 pieds [1 200 m.] [1].

La Lycie méridionale doit donc être attribuée à l'arc occidental ou arc dinarique (égéen), et c'est au même arc que nous devons également rattacher, d'après les observations de Bukowski, l'île de *Rhodes* (fig. 69) [2]. Les calcaires crétacés passent de la Crète à *Kasos* [3] et atteignent avec la direction N.E. la partie occidentale de Rhodes. Cette direction se maintient jusqu'à l'Hagion Elias, sommet situé vers le milieu de la moitié septentrionale de Rhodes, puis passe à l'E. et enfin au S.E. pour aboutir à la côte orientale, au milieu de couches très bouleversées. Il semble donc qu'un fragment taurique vienne réellement s'intercaler ici en se rebroussant; mais au Nord de l'Hagion Elias, un chaînon d'allure dinarique se prolonge dans la direction du continent vers l'Asie Mineure.

D'après cela, le golfe qui sépare la côte de Lycie de l'île de Rhodes coïnciderait avec une cassure transverse de l'arc dinarique extrême; le fond de la mer s'y abaisse brusquement à de grandes profondeurs et atteint, à 38 kilomètres de la côte de Rhodes et à une distance de la côte d'Asie Mineure qui n'est guère plus grande, — 3 865 mètres [4].

1. E. Tietze, *Beiträge zur Geologie von Lykien* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst. XXXV, 1885, p. 283-386, pl. VI : carte).

2. G. Bukowski, *Grundzüge des geologischen Baues der Insel Rhodus* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., XCVIII, Abth. I, 1889, p. 208-272, carte; notamment p. 220); et *Geologische Uebersichtskarte der Insel Rhodus* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLVIII, 1898, p. 517-688, pl. XIII : carte).

3. G. Bukowski, *Der geologische Bau der Insel Kasos* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., XCVIII, Abth. I, 1889, p. 653-669, carte).

4. J. Luksch und J. Wolf, *Berichte der Commission zur Erforschung des östlichen*

En *Carie*, il faut d'abord mentionner les deux chaînes gneissiques dirigées N.W. que Paton a décrites. La première forme la plus

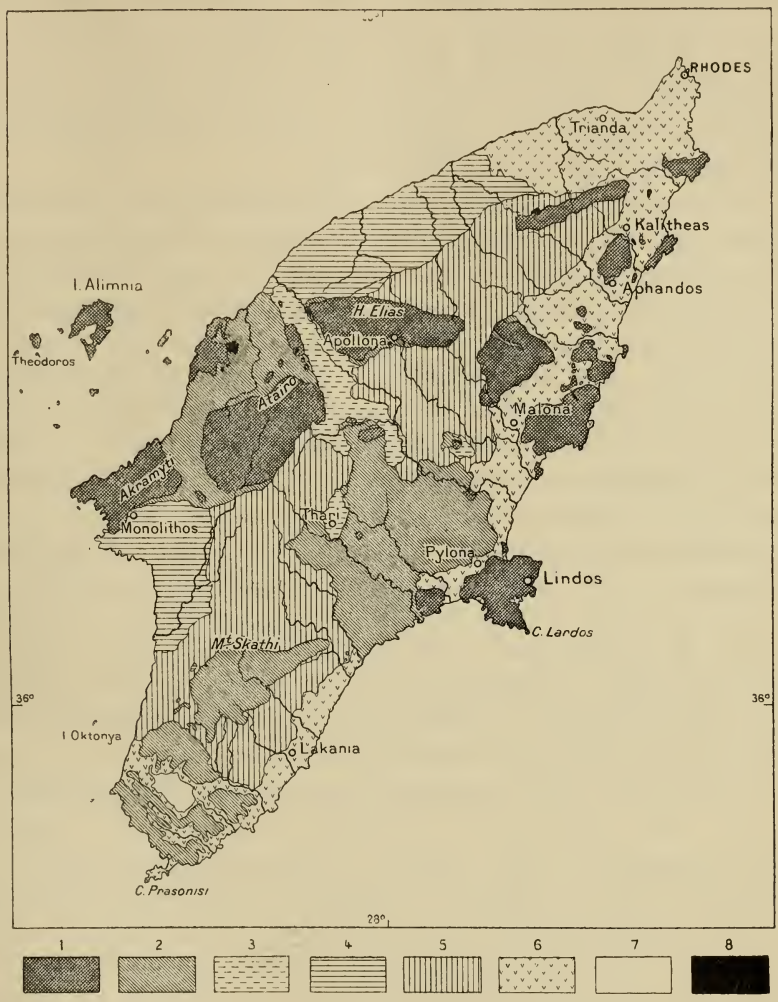


Fig. 69. — Carte géologique de l'île de Rhodes, d'après G. von Bukowski (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanstalt, XLVIII, 1898, pl. XIII).

1. Calcaires crétacés et éocènes ; 2. Flysch éocène et oligocène ; 3. Grès et conglomérats de Thari (Néogène indéterminé) ; 4. Couches lacustres à Paludines, et 5. Graviers fluviatiles (Étage levantin) ; 6. Pliocène supérieur marin ; 7. Alluvions ; 8. Roches éruptives (Serpentine, Diabase, Porphyrite). — Échelle de 1 : 600 000.

grande partie de la presqu'île de Myndos (Halicarnasse) ; des roches analogues se trouvent vers le Nord-Ouest, dans l'île de Patmos, et

Mittelmeeres, III (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., LXI, 1894, p. 92 et suiv., carte).

vers le Sud-Est, dans la partie orientale de la presqu'île de Cnide, et sont regardées comme le prolongement de cette chaîne. La seconde chaîne gneissique forme les Monts Latmos (Bechparmak-Dagh); elle est parallèle à la première, commence dans la basse vallée du Méandre et forme au Sud la ligne de partage des eaux jusque vers Moughla. A l'Ouest de ces chaînes de gneiss, Paton signale du calcaire au Nord de Leros, à Kalymnos, à Kos, dans une partie de la presqu'île de Cnide et dans l'île de Symi [1].

A l'intérieur des terres, cette même direction du Nord-Ouest domine alors sur de grandes étendues, d'après les observations de Bukowski, dans la structure des montagnes, depuis le Baba-Dagh [Cadmus] près de Denizli, où affleurent des micaschistes grenatifères, jusqu'au long anticlinal de phyllades qui sous le nom de Soultan-Dagh forme avec ses prolongements au Sud-Est, à partir d'Akcheher, le bord occidental des plaines de Lycaonie. Des calcaires de différents âges constituent la plus grande partie de cette région; au Nord du Bouldour Gœl, on a trouvé dans les dépôts éocènes des cailloux de calcaire à Fusulines [2].

En allant de la Carie vers la mer, on voit naître à *Nisyros* l'arc volcanique qui se prolonge par Santorin dans la direction d'Égine.

Dans la partie sud-est de l'île de *Kos*, Neumayr a trouvé un lambeau de phyllades et de marbres, dominant de haut les calcaires crétacés; d'après sa direction il paraît amorcer un arc s'ouvrant vers le Sud; toutefois, cet affleurement est beaucoup trop restreint pour qu'il soit permis d'en tirer des conclusions [3].

A *Samos*, on voit au contraire le prolongement des montagnes de Carie. Des micaschistes grenatifères associés à des marbres blancs s'alignent au N.W., d'après les observations de Nasse, dans l'imposante chaîne médiane de l'Ampelos, et des roches analogues, associées à des serpentines, à des diabases et à des porphyres, forment à l'Ouest le chaînon de Kerki, ainsi que la partie orientale de l'île, qui est moins accidentée [4].

1. W. R. Paton and J. L. Myres, *Researches in Karia* (Geogr. Journ., IX, 1897, p. 38-54, carte; en particulier p. 44 et 51). Tchihatcheff a également traversé la bande de gneiss de la chaîne Latmique.

2. G. Bukowski, *Kurzer Vorbericht über die Ergebnisse der in den Jahren 1890 und 1891 im südwestlichen Kleinasien durchgeführten geologischen Untersuchungen* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., C, Abth. I, 1891, p. 378-399; en particulier, p. 386).

3. M. Neumayr, *Ueber den geologischen Bau der Insel Kos* (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., XL, 1880, p. 213-314, carte).

4. R. Nasse, *Ein Ausflug nach Samos* (Zeitschr. Ges. für Erdkunde, Berlin, X, 1875, p. 222-235, pl. V : carte); voir aussi Spratt, *Remarks on the Geology of the Island of Samos*

A partir de là, la direction tourne au Nord. Le rapprochement des observations anciennes de Strickland et de Spratt sur le Golfe de *Smyrne* avec celles que Teller a recueillies dans le petit groupe des îles *Spalmadori* et à *Chio* conduit aux résultats suivants :

Au Mont Tmolus, à l'E.S.E. de Smyrne, se présentent des micaschistes argileux, auxquels succèdent vers l'Ouest, au Mont Corax, des schistes foncés bruns ou verdâtres et des grès. Un calcaire gris, dirigé N.-S., forme la masse principale du promontoire de Karabouroun, et à l'Ouest la série des couches du Corax reparaît, formant une large zone avec pendage à l'Est. Le groupe des îles Spalmadori appartient à l'axe d'un anticlinal de micaschistes argileux, qui court parallèlement au méridien entre le continent et l'île de Chio. A Chio, on trouve d'abord la moitié ouest de cet anticlinal, et ensuite un plissement dirigé N.-S. ou N.N.E. Les roches des Spalmadori correspondent probablement à celles du Tmolus; une série inférieure, à Chio, est l'équivalent de celle du Corax et de la côte occidentale de Karabouroun, et les calcaires supérieurs de Chio répondent à ceux du sommet de Karabouroun. Dans l'un des termes inférieurs de la série de Chio, à un niveau qui doit correspondre aux parties supérieures des couches du Corax, Teller a trouvé un calcaire à Fusulines et à Crinoïdes [1].

Il y a donc deux anticlinaux, l'un qui se dirige N.N.E. et se montre au Tmolus, près de Smyrne, et l'autre orienté N.-S. qui passe par les Spalmadori. A ces anticlinaux se rattachent les plissements subordonnés de Chio. Dans les couches de recouvrement, on connaît jusqu'à présent le Carbonifère supérieur et le terrain Crétacé.

Mételin a été décrit par De Launay. Des schistes micacés et chloriteux, associés à des marbres, s'alignent N. 15° E. dans la partie orientale de l'île; c'est évidemment le prolongement vers le N. des roches dont nous venons de parler, mais bordé à l'Est et à l'Ouest par deux traînées de péridotite et de serpentine — peut-être celle de l'Est représente-t-elle le prolongement d'une serpentine qui affleure au Nord de Karabouroun. La partie occidentale de l'île

(Quart. Journ. Geol. Soc., III, 1847, p. 65-67, pl. II, III : cartes), et C. de Stefani, C. J. Forsyth-Major et W. Barbey, *Samos. Étude géologique, paléontologique et botanique.* In-4°, Lausanne, 1892 : *Aperçu géologique*, par C. de Stefani, p. 71-81.

1. H. E. Strickland, *On the Geology of the Neighbourhood of Smyrna* (Trans. Geol. Soc., 2d Ser., V, 1840, p. 393-408, pl. XXXII : carte); T. Spratt, *Observations on the Geology of the Southern Part of the Gulf of Smyrna and the Promontory of Karabournou* (Quart. Journ. Geol. Soc., I, 1845, p. 156-162, carte); F. Teller, *Geologische Beobachtungen auf der Insel Chios* (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., XL, 1880, p. 340-356. carte).

est occupée par des roches volcaniques récentes, mais au-dessous, on aperçoit jusqu'à la rive extrême, à l'Ouest[1], les traces des schistes anciens dirigés N.N.E.

La description du Sud de la *Troade* donnée par Diller montre que les formations volcaniques de l'Ouest de Mételin traversent le golfe d'Adramyti et occupent tout le Sud-Ouest de la Troade. Plus au Nord vient, du côté du Scamandre, le Kara-Dagh, formé de terrains stratifiés. Sur son versant septentrional, près de Bounarbachi, Philippson a trouvé des calcaires blancs plus ou moins cristallins, orientés N. 5° E. et formant la bordure nord du massif, du côté de la plaine de Troie[2].

La structure des côtes occidentales de l'Asie Mineure est donc, en résumé, la suivante :

De l'île de Crète, un arc se dirige au Nord-Est, par Kasos, vers Rhodes, où il rencontre un court tronçon de direction N.W.

L'arc volcanique s'étend de Santorin à Nisyros.

Dans toute la partie sud-ouest du continent, la direction N.W. règne jusqu'à la côte de Carie et à Samos ; c'est l'aile occidentale de l'arc taurique, qui entoure la plaine de Lycaonie.

Entre Smyrne et Chio apparaît la direction N. ou N.N.E., qui persiste par les Spalmadori et Mételin jusqu'à la plaine de Troie.

Tandis que l'aile occidentale du Taurus se suit avec une certitude suffisante jusqu'à Samos, il n'est pas sûr que les chaînons orientés N. et N.N.E. doivent être rapportés au même système. Cette appartenance est d'autant plus douteuse que les recherches de Bukowski aux environs de Balia-Maaden, en Mysie, semblent indiquer qu'il y existe une bande de dépôts carbonifères s'orientant N.E. ou N.N.E[3]. La question de savoir si cette bande s'étend jusqu'à Panderma, sur la Mer de Marmara, n'est pas résolue. Sur le continent d'Europe, les croupes schisteuses du Tékir-Dagh et du

1. L. de Launay, *Description géologique des iles de Mételin et de Thasos* (Archives des Missions scientif. et litt., 3e sér., XVI, 1890, 48 p., 2 pl. dont 1 carte) ; *Études géologiques sur la Mer Egée. La géologie des iles de Mételin (Lesbos), Lemnos et Thasos* (Annales des Mines, 9e sér., XIII, 1898, p. 157-319, pl. I-IV : cartes).

2. J. S. Diller, *Notes on the Geology of the Troad* (Quart. Journ. Geol. Soc., XXXIX, 1883, p. 627-636, carte de la p. 628) ; A. Philippson, *Geologisch-Geographische Reiseskizzen aus dem Orient* (Sitzungsber. Niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilk., Bonn, 1896-97, p. 41).

3. G. v. Bukowski, *Die geologischen Verhältnisse der Umgebung von Balia Maaden im nordwestlichen Kleinasien* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., CI, Abth. I, 1892, p. 214-235, 2 pl. dont 1 carte) ; H. Coquand, *Notice géologique sur les environs de Panderma, Asie Mineure* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., VI, 1877-78, p. 347-357). Dans cet affleurement, qui ne paraît pas être très étendu, Coquand a toutefois observé la direction N.W.

Kourou-Dagh, des deux côtés de la plaine qui aboutit au Golfe de Saros, affectent la direction du S.W., et nous savons par Hoernes que l'île de Samothrace est un prolongement de ces chaînons et que l'on y retrouve la même direction S. W.[1]. Mais à Lemnos, d'après De Launay, la direction des plis tourne à E.-W., avec de légères déviations à E.N.E.-W.S.W.[2].

Ces tronçons montagneux n'appartiennent donc plus à l'aile occidentale des Taurides, mais à l'aile orientale du groupe dinarique.

De fait, un rebroussement se produit au voisinage de la côte occidentale de l'Asie Mineure.

La direction N.E. ou E.N.E. règne sur le continent d'Europe (Tékir-Dagh, Kourou-Dagh) et jusqu'à Samothrace, et peut-être aussi dans la bande carbonifère de Balia-Maaden. Au Sud, cette direction est représentée par la ligne volcanique jusqu'à Nisyros, puis par l'alignement Crète-Kasos-Rhodes et les hautes montagnes de la Lycie méridionale. Nous attribuons tout ce domaine aux extrémités orientales des faisceaux de l'arc dinarique.

On rencontre la direction N.-S. ou N.N.E. sur le bord méridional de la plaine de Troie, à Mételin, à Chio, aux Spalmadori, dans la presqu'île de Karabouroun et jusque vers Smyrne. Il est possible que ces divers tronçons répondent encore en partie à l'arc dinarique et en partie à la région du rebroussement.

La direction N.W. apparaît dans la vallée du Sakaria, aux environs de l'Olympe de Brousse, puis dans le Sud-Ouest de l'Asie Mineure jusqu'à Samos, jusqu'à la côte de Carie et dans une faible partie de l'île de Rhodes. C'est là que se trouvent les extrémités occidentales des arcs tauriques.

Mais cette énumération présente des lacunes considérables; en Mysie, notamment, on manque d'observations continues. Les deux directions N.E. et N.W. ne s'en laissent pas moins nettement distinguer. L'on constate qu'au Sud, les lignes dinariques débordent vers l'Est. En outre, on voit que les effondrements égéens sont situés à l'intérieur des Dinarides et qu'ils n'empiètent guère sur le domaine des lignes tauriques.

3. Le golfe tertiaire de l'Albanie. — Les recherches de Neumayr, Bittner, Teller et Burgerstein ont montré que les faisceaux de plis dinariques, en traversant la Thessalie à partir du N.N.W.,

1. R. Hoernes, *Geologischer Bau der Insel Samothrake* (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., XXXIII, 1874, 2. Abth., p. 1-12, carte, 1 pl.).

2. De Launay, *Études géologiques sur la Mer Égée*, p. 45-74, pl. III : carte géol.

subissent une déviation complète vers l'Est et tournent, dans les îles de la Mer Égée et en Crète, vers l'Asie Mineure (I, p. 660). De Launay a publié une carte géologique générale de l'Archipel[1], et Philippson, en s'appuyant sur un grand nombre d'observations nouvelles, a nettement indiqué l'allure curviligne des lignes directrices, de l'Épire jusqu'à l'Asie Mineure[2].

En même temps, les vues de Spratt et de Neumayr sur l'âge récent des effondrements égéens (I, p. 439) ont reçu une confirmation complète. Les dépôts de l'étage *levantin*, formés dans l'eau douce, se montrent sur le bord des effondrements; les dépôts du troisième et du quatrième étage méditerranéen garnissent les côtes de la rangée des îles méridionales et du Péloponnèse, et pénètrent dans quelques baies du continent. Philippson et Oppenheim ont montré que les conglomérats si puissants qui excitaient autrefois l'étonnement des premiers observateurs, Boblaye et Virlet, sont plus récents qu'une partie des sédiments levantins[3]; et Bukowski a décrit les masses épaisses de graviers fluviatiles d'âge levantin, provenant incontestablement de l'Asie Mineure, qu'on trouve dans l'île de Rhodes[4].

Tandis qu'on ne connaît ainsi, dans un domaine très vaste, que des dépôts marins ou d'eau douce dont l'âge ne remonte guère au delà du troisième étage méditerranéen, nous apprenons par les travaux de Hilber et de Penecke qu'il existe en plein faisceau dinarique, dans la Macédoine et la Thessalie, un bassin allongé dont la nature est tout à fait différente[5].

1. L. de Launay, *Géologie des îles de Mételin, Lemnos et Thasos*, pl. I.

2. A. Philippson, *Die griechischen Inseln des Ägäischen Meeres* (Verhandl. Ges. f. Erdkunde, Berlin, XXIV, 1897, p. 264-280, pl. 6 : carte); et *La tectonique de l'Égéide* (Annales de Géogr., VII, 1898, p. 112-141, pl. III : carte tectonique).

3. P. Oppenheim, *Beiträge zur Kenntniss des Neogen in Griechenland, mit einer geologischen Einleitung von* A. Philippson (Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., XLIII, 1891, p. 421-487, pl. XXVI-XXVIII).

4. Bukowski, *Grundzüge des geologischen Baues der Insel Rhodus*, p. 235 et suiv.

5. V. Hilber, *Geologische Reise in Nordgriechenland und in Macedonien 1893* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., CIII, 1894, Abt. I, p. 575-601; notamment p. 596 et suiv.); K. A. Penecke, *Marine Tertiär-Fossilien aus Nordgriechenland und dessen türkischen Grenzländern* (Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., LXIV, 1897, p. 41-66, 3 pl.). Boué mentionne déjà les dépôts tertiaires de Trikkala, sans y indiquer toutefois de fossiles; A. Boué, *La Turquie d'Europe*, éd. allemande, I, p. 195. En 1892, Dreger a décrit la *Natica crassatina* et d'autres espèces des environs de Koritza, d'après des échantillons qui lui avaient été adressés; en 1893, Hilber s'est avancé en Macédoine jusqu'à Koritza; en 1894, Philippson et Oppenheim ont montré qu'il existait sur la frontière de Macédoine, au Nord de Trikkala, des couches à *Cerithium margaritaceum* et ont fait connaître une *Arca* provenant de Koritza; Philippson und Oppenheim, *Tertiär und Tertiärfossilien in Nord-Griechenland sowie in Albanien und bei Patras im Peloponnes* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., XLVI,

D'après les découvertes faites jusqu'à présent par Hilber, ce bassin s'étend de la région située au Sud des lacs d'Okhrida et de Presba et en particulier des environs de Koritza (Giortcha) vers le S.S.E., par Lapsista, Grevena et Kastoria, jusqu'à la dépression de Trikkala[1]. Les sédiments commencent avec l'horizon oligocène supérieur de Castel Gomberto (*Natica crassatina, Isastræa affinis*); près de Koritza, ces couches recouvrent des lignites qui reposent sur des collines de serpentine, plus au Sud, le long du bord oriental du bassin, au Nord de Trikkala et ailleurs, sur des schistes anciens. Des dépôts aquitaniens leur succèdent, et c'est à ce niveau qu'appartiennent les rochers de conglomérat des couvents des Météores. Au-dessus, on voit des dépôts marins du premier étage méditerranéen et des traces du Schlier à *Pecten denudatus*, et au Nord-Ouest de Kastoria on retrouve encore les Clypéastres du « Leithakalk » du deuxième étage méditerranéen. En fait de dépôts tertiaires plus récents, on ne rencontre que les conglomérats à *Elephas meridionalis* et *Equus Stenonis* que Gorceix a signalés à Lapsista.

D'après la configuration du pays, on pourrait croire que ce bassin allongé devait communiquer avec la mer au Sud-Est. Mais en suivant cette direction, on aboutit au domaine égéen, où l'on ne connaît aucune trace de sédiments de ce genre. A l'Ouest et à l'Est, le bassin est bordé de hautes chaînes de montagnes. Au contraire l'ancienne jonction est indiquée, au Nord-Ouest, par les dépôts du premier et du deuxième étage méditerranéen qui ont été signalés par Boué et M. Hoernes dans la dépression de l'Albanie, entre Durazzo et Tirana et près de Kroya[2], et dont Tietze a retrouvé les prolongements près de Dulcigno[3].

Ainsi, tandis qu'on est conduit à admettre que vers le milieu de l'ère tertiaire, jusqu'à l'époque du deuxième étage méditerranéen, un golfe marin s'allongeant au N.W. venait déboucher au Sud de Dulcigno, on ne connaît jusqu'à présent plus au Sud que des

1894, p. 800-822). Gorceix, qui a signalé le premier le gisement de Mammifères de Lapsista, supposait que les dépôts tertiaires se prolongent vers le Nord.

[1. Voir la feuille 39 (D VI) de la *Carte géologique internationale de l'Europe* à 1 : 1 500 000, Berlin, 1898.]

2. A. Boué, *Der albanesische Drin und die Geologie Albaniens, besonders seines tertiären Beckens*, suivi d'un *Verzeichniss nordalbanesischer tertiären Petrefacten*, par M. Hörnes (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., XLIX, Abth. I, 1864, p. 179-193). Cette liste comprend des espèces du premier étage méditerranéen (*Mytilus Haidingeri*, *Pecten solarium*) et des espèces du deuxième étage méditerranéen; les matériaux examinés proviennent de deux localités, le Mont Gradetz entre Durazzo et Tirana et le Mont Sörel (Zurel) entre Tirana et le pays de Mat (p. 184).

3. E. Tietze, *Geologische Uebersicht von Montenegro* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXXIV, 1884, p. 1-110, pl. I : carte; notamment p. 66 et 88).

dépôts marins du troisième étage méditerranéen. D'après les indications de Baldacci et Simonelli, on voit s'adosser au versant nord-est des hauteurs qui atteignent la mer près de Valona des couches pétrolifères épaisses, qui renferment en abondance, à côté d'un grand nombre d'espèces marines pliocènes, une espèce sarmatique, le *Cerithium pictum*. Coquand avait déjà reconnu l'existence de ce bassin, qui s'étend dans la direction de Bérat[1].

4. Traits principaux des Dinarides. — Dans le Sud de la Macédoine et en Thessalie, nos connaissances sur la structure de la péninsule des Balkans ont réalisé de notables progrès grâce aux travaux de Hilber, de même qu'en Thessalie et en Grèce grâce aux études de Philippson[2]. D'autres savants de mérite ont été à l'œuvre plus au Nord; M. le professeur Cvijić, de Belgrade, a bien voulu m'adresser d'importantes communications inédites[3]. En dépit de toutes les lacunes qui subsistent encore, à l'heure actuelle, deux résultats généraux sont désormais acquis.

Le premier est le fait que sur le continent, malgré tous les changements qui surviennent dans la configuration extérieure du sol, la direction des roches, depuis la Macédoine et la Thessalie jusqu'à la frontière septentrionale de la Bosnie et à l'Istrie, s'aligne avec une grande régularité au N.N.W. ou au N.W. Le puissant massif montagneux du Char (Lioubeten, 2 510 m.) court sur toute sa longueur, de Divra à Katchanik, au N.E., mais M. Cvijić me dit que d'un bout de la chaîne à l'autre, les terrains s'y orientent N.N.W., à angle droit sur sa direction. Les Alpes du Nord de l'Albanie s'étendent au Nord d'Ipek vers le N.E.; mais, ici encore, il résulte des observations d'Oestreich que du calcaire et du Flysch traversent perpen-

1. V. Simonelli, *Le sabbie fossiliferi di Selenitza in Albania* (Boll. Soc. Geol. Ital., XII, 1893, p. 552-558); parmi les travaux antérieurs, voir H. Coquand, *Description géologique des gisements bituminifères et pétrolifères de Sélenitza dans l'Albanie et de Chieri dans l'île de Zante* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 2e sér., XXV, 1867-68, p. 20-74). Pour le prolongement de ces dépôts à Corfou, voir Th. Fuchs, *Die Pliocänbildungen von Zante und Corfu* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., LXXV, 1877, Abth. I, p. 309-320, 1 pl.).

2. Les nombreux mémoires de Philippson sur ce sujet ont paru dans les derniers volumes de la *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin* [réunis en 1 vol. sous le titre de *Thessalien und Epirus. Reisen und Forschungen im nördlichen Griechenland*, in-8°, x-422 p., 8 pl. Berlin, 1897] et de la *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft;* ceux de Hilber se trouvent dans les *Sitzungsberichte* et les *Denkschriften* de l'Académie des Sciences de Vienne.

[3. Voir J. Cvijić, *Die tektonischen Vorgänge in der Rhodope-Masse* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., CX, Abth. I, 1901, p. 409-432, 1 carte, 1 pl.); et *Die dinarisch-albanesische Scharung* (Ibid., p. 437-478, 1 carte).]

diculairement les montagnes[1]. De même la haute crête qui sert de ceinture au bassin du Karasou Noir (affluent du Vardar), au Sud-Est, affecte également la direction N.E.; mais, d'après Raf. Hofmann, elle est formée de trachyte[2].

Toutefois, du côté de l'Adriatique, se manifeste la tendance à dévier du N.W. à l'W.N.W. ou même à l'W. C'est ce qu'on constate dans l'alignement Corfou-Salmastraki-Othonous[3], dans le promontoire des Monts Acrocérauniens prolongé par l'île Saseno, puis avec plus de netteté encore, au Nord du Golfe d'Albanie dans certaines des îles dalmates. Toute la côte orientale de l'Adriatique acquiert ainsi une structure en coulisses qui est très frappante sur la carte. Vers le Nord, ces coulisses s'avancent de plus en plus et finissent par atteindre l'Istrie.

Le second résultat est que ces chaînes dinariques s'étalent, vers la terre, sur une très grande largeur. Les environs de Seres, peut-être même ceux de Doïran, paraissent appartenir encore au massif du Rhodope, mais toute la vallée du *Vardar* jusqu'à Salonique, ou du moins jusqu'à 41°15′ de lat. N., fait partie des Dinarides. Raf. Hofmann montre que dans cette vallée, au Sud du bassin tertiaire d'Uskub, des schistes probablement paléozoïques, des calcaires cristallins, des serpentines, puis des dolomies appartenant au Trias, à ce qu'il semble, se succèdent orientés N.W. jusqu'à la cuvette de Flysch de Negotin, limitée vers l'aval par de nouveaux affleurements de dolomies du même genre. L'on arrive ensuite à la chaîne trachytique déjà mentionnée au Sud-Est du Karasou Noir, et encore au Sud de ce cours d'eau R. Hofmann a trouvé quelques traces de fossiles mésozoïques.

Le cours même du *Karasou Noir*, débouchant de Monastir dans le Vardar, est établi en grande partie sur des calcaires qui appartiennent déjà sans doute à la vaste région calcaire observée par Boué entre Siatista et Niaousta ou Ostrovo, par Verria, et où il a trouvé des Rudistes[4].

A l'Ouest de ce massif calcaire se présente une série de pointements granitiques. Quoiqu'on y signale également des mi-

1. K. Oestreich, *Reiseeindrücke aus dem Vilajet Kosovo* (Abhandl. k. k. Geogr. Ges. Wien, I, 1899, p. 331-372, carte; en particulier p. 338 et suiv.).

2. R. Hofmann, *Antimon- und Arsen-Erzbergbau " Allchar " in Macedonien* (Oesterr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen, XXXIX, 1891, Nr. 16; pl. VI : carte).

3. J. Partsch, *Die Insel Korfu* (Petermanns Mitteil., Ergänzungsheft Nr. 88, 1887, 97 p., cartes).

4. A. Boué, *La Turquie d'Europe*, éd. allemande, Wien, 1899, I, p. 178; Rudistes et Polypiers entre Čardžilar et Ostrovo.

caschistes, il reste à déterminer si l'on est bien en présence de roches archéennes ou s'il ne s'agirait pas plutôt d'intrusions dans les schistes paléozoïques. Le *Peristeri*, près de Monastir, consiste dans ses parties culminantes, d'après Edm. Naumann, en granite; au Sud de ce massif, le versant oriental de la *Neritchka Planina*, près de Florina, est formé de syénite, et plus au Sud encore des montagnes de protogine, rocheuses et escarpées, se dressent au Nord-Est du lac de Kastoria [1].

Jusqu'à présent, on ne connaît de prolongements à ces formations ni au Nord, ni au Sud. Au Nord, au-dessus d'Uskub, dans le massif du Char, le *Lioubeten* a été gravi par Grisebach, Neumayr et Burgerstein, Zujović [2], Cvijić et Oestreich. Là, de même que dans les montagnes situées au Nord d'Uskub en général, la série des terrains comprend des phyllades, puis un peu de quartzite et une série très épaisse de calcaires cristallins, formant le sommet du Lioubeten et que Zujović compare aux calcaires de l'Athos et de l'Olympe ; on trouve enfin, vers l'Est, des schistes calcaires et des grès analogues au Flysch, avec de puissantes traînées de serpentine.

Plus à l'Ouest également, dans le haut massif du *Gialitch* (Jalič), près du confluent du Drin Noir et du Drin Blanc, au Sud-Ouest de Prizrend, Boué signale des marbres et des phyllades, et de là, d'après Cvijić, ces terrains, orientés S.S.E., traversent les Monts du Char, suivent la rive E. du Drin Noir et forment les hauteurs qui séparent le *lac d'Okhrida* du *lac de Presba*. Ces deux lacs correspondent à des fosses ouvertes dans la direction du méridien, et la rive orientale du lac d'Okhrida, notamment, est une fente pourvue de solfatares et de roches éruptives récentes [3]. A partir de là, comme me le fait connaître M. Cvijić, cette bande se dirige vers Kastoria, longe la rive E. de la haute Vistritza, et finit par atteindre, à peine déviée vers l'Est, le massif montagneux qui domine Trikkala et dont elle forme le bord externe [4].

Sur une fraction notable de ce long parcours, il y a coïncidence

1. Edm. Naumann, *Macedonien und seine neue Eisenbahn Salonik-Monastyr. Ein Reisebericht*, in-8°, 58 p. München und Leipzig, 1894; voir notamment p. 46.

2. J. M. Zujović, *Contribution à l'étude géologique de l'ancienne Serbie* (Annales Géol. de la Péninsule Balkanique, III, 1891, p. 124-135).

3. J. Cvijić, *Die macedonischen See'n; ein vorläufiger Bericht* (Mittheil. Ungar. Geogr. Ges. Budapest (Földr. Közlem.), XXVIII, 1900, p. 113-124; en particulier p. 10 [et *Researches in Macedonia aud Southern Albania* (Geogr. Journ., XVI, 1900, p. 215-219)]; et communications orales à l'auteur.

4. A. Philippson, *Reisen und Forschungen in Nord-Griechenland, III* (Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde, Berlin, XXX, 1895, p. 487); pour une carte géologique, voir même Recueil, XXXI, 1896, pl. 9 [*Thessalien und Epirus*, p. 163 et pl. 6].

avec le bord oriental du golfe tertiaire de l'Albanie, dont la largeur, en amont de Trikkala, est de 20 à 25 kilomètres.

C'est là que commence l'inflexion vers l'Est. Les schistes anciens entrent dans la constitution de l'*Othrys*, traversent à angle droit la partie méridionale du Golfe de Volo, se suivent par Skyatos et Skopelos, puis embrassent tout le domaine que Philippson désigne sous le nom de massif cristallin de l'Égéide septentrionale [1], et qui, du Sud, s'étend jusqu'à Samothrace et aux bandes de phyllades du Kourou-Dagh et du Tékir-Dagh, sur les bords du Golfe de Saros.

Au Nord-Ouest du lac d'Okhrida, près du village de Rodažda, Cvijić a trouvé du calcaire jurassique à *Phylloceras*. Au delà se dresse une longue et haute chaîne de serpentine, qui s'étend à travers toute la Macédoine. D'après Boué, les massifs de serpentine qui se font jour entre Prizrend et Skutari comptent parmi les plus étendus de la Turquie; j'ignore s'ils se prolongent vers le Sud. Le bord ouest du lac d'Okhrida est suivi, d'après Cvijić, par des serpentines et des calcaires à Rudistes; les montagnes courent du N. au S.; la direction des couches est N.N.W. Cette même traînée de serpentine croise le golfe tertiaire; Hilber l'a retrouvée entre Kolonia et Koritza et dans toute la haute chaîne, jusqu'au groupe de la Smolitza (2 574 m.) et jusqu'au col du Zygos, près de Metsovo, à l'E.N.E. de Ianina [2].

Ce *col du Zygos* répond à un point remarquable de la chaîne. Dans la direction de la grande traînée de serpentine, cette roche disparaît et les hautes crêtes calcaires du Pinde de Thessalie en continuent à peu près l'alignement. Une chaîne calcaire remplace brusquement un massif de serpentine. D'après l'interprétation de Philippson, les terrains calcaires s'enfonceraient en profondeur sous la serpentine, le long d'une flexure de grande amplitude; Hilber semble croire qu'il y a plutôt déviation des calcaires vers l'Ouest.

Cette chaîne calcaire, le *Pinde*, correspond au plus important des arcs dinariques. Il ne s'infléchit pas à l'Est vers l'Othrys. Orienté d'abord à peu près S.S.E., cet arc prend ensuite la direction N.-S., et atteint, en formant les Alpes calcaires de l'Étolie, le Golfe de Corinthe. En ce lieu, il paraît avoir subi un léger rejet vers l'Est, le long d'une ligne de dislocation transversale qui, naissant à l'Ouest de la baie de Salona, court à l'W.N.W. vers le lac d'Ambra-

1. Philippson, *La tectonique de l'Égéide*, p. 117.

2. V. Hilber, *Geologische Reise in Nordgriechenland und Makedonien in 1894* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., CIII, Abth. I, 1894, p. 620). Boué connaissait déjà plusieurs de ces gisements, dont la continuité ne se révèle que maintenant.

kia [1]. Mais il se prolonge dans le Péloponnèse et atteint, d'après Philippson, après avoir traversé toute la péninsule, l'extrémité méridionale du Golfe de Messénie (fig. 70). Là sa direction est S.S.E., et elle tourne par Cérigo et Cérigotto vers la Crète [2] et Rhodes.

Cette grande zone calcaire est bordée du côté de l'Ouest, de la région du Nord jusqu'aux rives méridionales du Péloponnèse, par une zone de grès plus récents; du côté de l'Est, il existe également, sur une notable longueur, une zone de grès analogue.

Grâce à l'écartement de la zone méridienne du Pinde par rapport à la direction S.E. ou E.-W. de l'Othrys, il se forme, au sein des arcs dinariques, un vaste domaine intermédiaire. L'on voit s'y intercaler des tronçons arqués de chaînes calcaires s'orientant S.E. ou S.S.E., comme l'*Œta* et le *Parnasse*. Celles-ci subissent à leur tour une déviation vers l'E. et le N.E., et, ainsi qu'il ressort des observations de Bittner et de Teller, traversent à angle droit l'île d'*Eubée*.

Plus au Sud, ou mieux plus à l'extérieur dans le système dinarique, on voit reparaître encore une fois les terrains anciens. L'*Attique*, le Sud de l'Eubée, *Andros*, *Keos* et *Thermia* et les îles suivantes jusqu'à *Syra* et *Siphnos* sont formées de schistes anciens et de marbres. La direction tourne ici au N.E., conformément à l'allure générale de l'arc. Mais déjà à *Syra* et à *Siphnos*, des gneiss à albite se montrent comme soubassement des schistes anciens; à *Tinos* affleurent des gneiss plus anciens encore, orientés N.N.E., et la plus grande partie d'*Antiparos*, de *Paros* et de *Naxos* est formée de gneiss ou de gneiss granitoïde [3].

1. Neumayr, Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., XL, 1880, p. 112; Philippson, Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde, XXXII, 1897, p. 273 [*Thessalien und Epirus*, p. 368]; Hilber, Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., CIII, 1894, Abth. I, p. 592, et ailleurs.

[2. La présence du Trias fossilifère en Crète vient d'être annoncée par L. Cayeux, qui a également abordé l'étude tectonique de cette île (C. R. Acad. Sc. Paris, CXXXIV, 1902, p. 1116 et 1157).]

3. Philippson, Verhandl. Ges. f. Erdkunde, Berlin, XXIV, 1897, p. 264-280, carte); *La tectonique de l'Égéide*, p. 119 [Voir surtout son mémoire : *Beiträge zur Kenntnis der*

LÉGENDE DE LA FIGURE 70 (*suite*).

Nomenclature des zones tectoniques : *Système de la Grèce Orientale* : N, Massif cristallin Septentrional; C, Massif cristallin des Cyclades; K, Zone du Kotsiakas; M, Zone de la Grèce Orientale moyenne (Mo, Sous-zone de l'Othrys; Me, Sous-zone de l'Œta; Mp, Sous-zone du Parnasse); A, Zone de l'Argolide. — *Arc Égéen méridional:* T, Zone du Taygète; E, Zone de l'Eurotas; R, Zone du Parnon; D, Zone Argolico-Arcadienne; H, Zone de l'Achaïe Orientale. — *Système de la Grèce Occidentale :* Z, Mont Zygos; P, Zone du Pinde (Po, Sous-zone orientale du Flysch; Pk, Sous-zone des calcaires du Pinde ; Pw, Sous-zone occidentale du Flysch); I, Zone Ionienne (Ia, Sous-zone de Ianina; Iz, Sous-sone de Zarovina; Id, Sous-zone du Dropoli; Iw, Chaîne principale de l'Ouest de l'Épire; Ie, Sous-zone de Delvinon; Ip, Sous-zone de Philiataes).

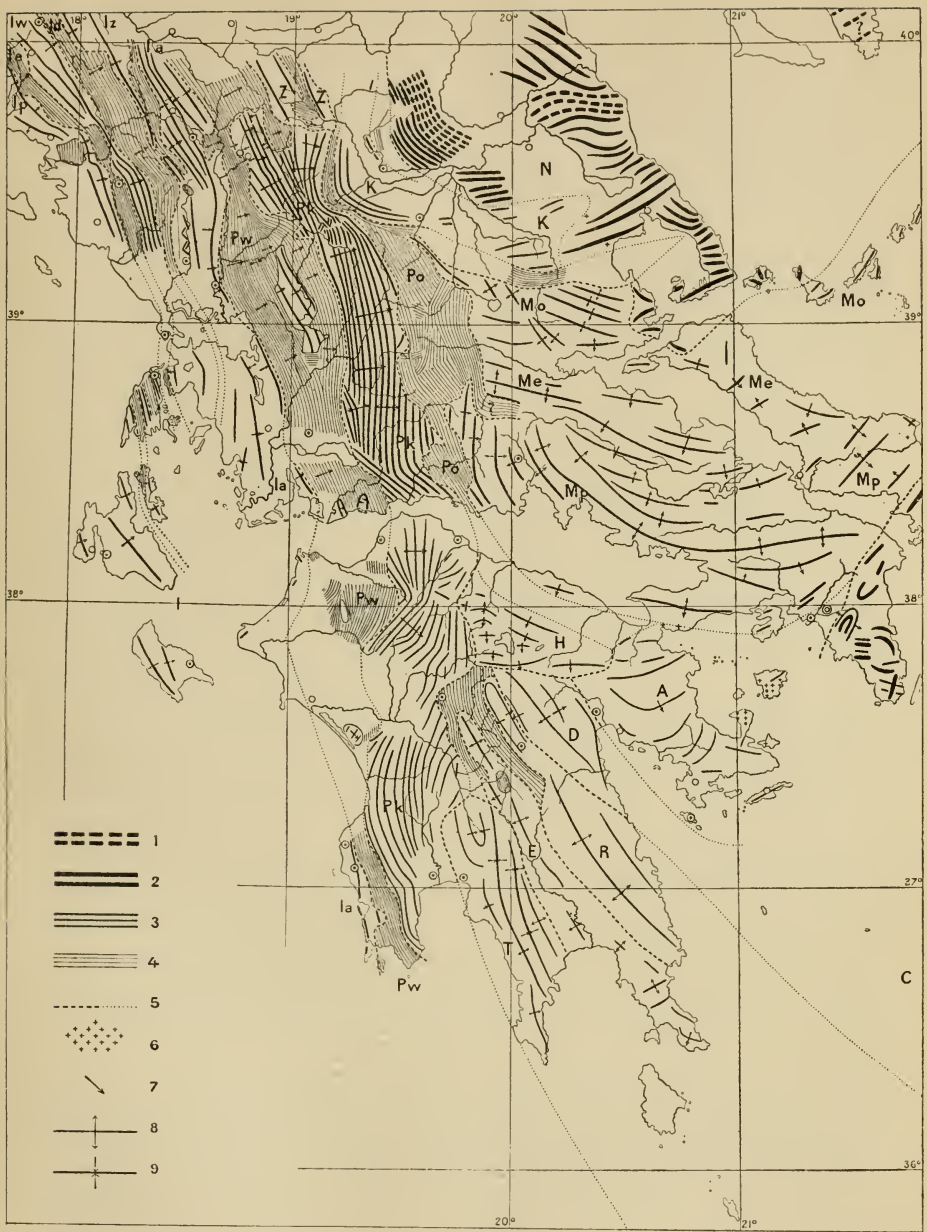


Fig. 70. — Allure des chaînes de la Grèce continentale, d'après A. Philippson (Annales de Géographie, VIII, 1898, pl. III).

1. Gneiss; 2. Schistes cristallins et marbres; 3. Terrains sédimentaires anciens; 4. Flysch; 5. Limites des zones tectoniques (voir la nomenclature au bas de la page ci-contre); 6. Roches volcaniques récentes; 7. Plongement des couches; 8. Pli anticlinal; 9. Pli synclinal. — Échelle de 1 : 3 000 000. Longitude E. (Paris).

Philippson regarde ce massif gneissique des Cyclades comme un ancien noyau montagneux, qui aurait exercé une influence sur l'allure de l'arc. La disposition des schistes en arc de cercle est très nette, et on peut bien en chercher le prolongement dans les bandes de roches anciennes, orientées N.N.E. ou N.-S., que nous avons signalées dans la région du rebroussement taurique, à Chio, aux Spalmadori et à Mételin.

Mais, comme cela ressort des travaux de Lacroix, il existe également, au Sud du gneiss des Cyclades, une zone de schistes anciens et de marbres. La partie méridionale, non volcanique, de Milos en fait partie, ainsi que l'île de *Polykandros* et la montagne calcaire de l'Hagion Elias à Santorin [1].

Amorgos, constituée par des calcaires foncés, s'oriente au N.E., dans le sens du rebroussement.

Un fait très remarquable, c'est que bien loin de là, dans le Nord de l'île de Cérigo, il existe, d'après les observations de R. Leonhard, un lambeau de phyllades anciens dont la direction est E.N.E.; ces roches sont recouvertes en discordance par des calcaires, qui s'orientent S.E. et E.-W. dans le Sud de l'île, conformément au dessin de la courbe qui rattache le Taygète à la Crète [2].

L'arc volcanique court par *Égine*, *Methana*, *Poros*, *Milos*, *Santorin* et *Nisyros*. Il est donc compris en grande partie dans le domaine des schistes anciens, mais il en sort à l'Est pour suivre l'allure de l'arc externe.

La transition est ménagée d'abord par les montagnes calcaires de l'Argolide et de l'Arcadie. Aux environs de Sparte, Douvillé a signalé des traces du Trias [3].

On atteint alors le grand arc qui rattache le Pinde à la Lycie, en enveloppant tout l'Archipel.

Le Pinde présente sur presque toute sa longueur des couches

griechischen Inselwelt (Petermanns Mitteil., Ergänzungsheft Nr. 134, 172 p., 4 cartes, 1901)]; et H. Baron von Foullon und V. Goldschmidt, *Ueber die geologischen Verältnisse der Inseln Syra, Syphnos und Tinos* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXXVII, 1887, p. 1-34, pl. I-II : cartes). Voir aussi F. Schafarzik, *Geologische Notizen aus Griechenland* (Jahresber. kgl. Ung. Geol. Anst. für 1893, 1895, p. 177-192, notamment p. 189 et suiv.).

1. A. Lacroix, *Sur la constitution minéralogique de l'île de Polycandros* (C. R. Acad. Sc., CXXIV, 1897, p. 628-630).

2. R. Leonhard, *Die Insel Kythera* (Petermanns Mitteil., Ergänzungsheft Nr. 128, 1899, carte; voir notamment p. 7 et 10).

3. Douvillé, *Sur une Ammonite triasique recueillie en Grèce* (Bull. Soc. Géol. de Fr., 3e sér., XXIV, 1896, p. 799). [Voir aussi L. Cayeux et Ed. Ardaillon, *Preuve de l'existence du Trias en Grèce. Position stratigraphique du calcaire du Cheli* (C. R. Acad. Sc., CXXXIII, 1901, p. 1254-1256).]

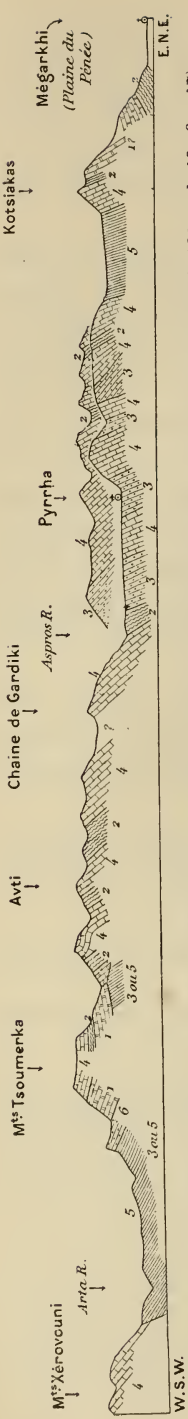


Fig. 71. — Coupe des chaînes du Pinde, d'après A. Philippson (Zeitschrift der Gesellchaft für Erdkunde, XXXI, 1896, pl. 13, fig. 17).
1. Calcaires intérieurs (Crétacé); 2. Couches à silex; 3. Schistes et grès crétacés; 4. Calcaires supérieurs (Eocène); 5. Flysch; 6. Conglomérats du Flysch. — Échelle des longueurs 1:300 000; hauteurs 1 : 200 000.

plongeant à l'Est, et la même inclinaison caractérise la zone occidentale des grès (fig. 71); Philippson en conclut à bon droit que tout le Pinde est renversé dans la direction de l'Ouest.

A l'Ouest de ce faisceau, dans l'Épire et dans les îles Ioniennes, se succèdent de nouvelles bandes de calcaire et de grès; on y connaissait depuis longtemps l'Éocène, le Crétacé et le Jurassique; dans l'Épire, on a également trouvé du Lias[1]. Ce sont ces bandes qui viennent s'enfoncer sous la Mer Adriatique dans le promontoire des Monts Acrocérauniens, constitué par un calcaire à Rudistes.

5. Traversée de la Mer Adriatique. — Des environs d'Elbassan à Dulcigno, en passant par Krouya, court d'après Boué une longue muraille rocheuse. Elle forme le bord du golfe tertiaire de l'Albanie. Près de Dulcigno, au Nord-Est d'un liséré de dépôts tertiaires plus récents, Tietze a trouvé du Flysch qui, au Nord-Ouest, disparaît dans la mer[2]. A l'intérieur, c'est-à-dire au Nord-Est, s'élève une longue chaîne escarpée de montagnes calcaires, représentant peut-être le prolongement de la muraille rocheuse signalée par Boué. Cette chaîne forme près de Scutari le bord sud du lac de Scutari, atteint la mer à Spizza, où elle domine des falaises abruptes, et se prolonge au Nord-Ouest bien au delà de Cattaro. Bukowski montre que cette chaîne, de Spizza jusque par delà Budua, est découpée en une sé-

1. A. Philippson und G. Steinmann, *Ueber das Auftreten von Lias in Epirus* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., XLVI, 1894, p. 116-125, pl. XI).

2. E. Tietze, Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXXIV, 1884, p. 59-69.

rie d'écailles, comprenant toute la série des couches du Trias inférieur à la base du Tertiaire inclusivement, et poussées les unes par-dessus les autres dans la direction du Sud-Ouest, c'est-à-dire vers la mer [1]. Dans le Trias est en outre intercalé un banc épais de porphyre noritique, associé à des tufs verts et à des grès tufacés. Ce sont les « couches de Dsurmani » de Bukowski ; elles renferment les fossiles de Wengen et de St. Cassian [2].

En 1862 et en 1867, F. v. Hauer a décrit une roche éruptive provenant de l'île *Lissa* et de quelques récifs voisins ; bien que l'île consiste en calcaire crétacé, F. v. Hauer fit remarquer qu'il y existe également du gypse et des tufs ; dès cette époque, il comparait ces gisements avec un pointement reconnu dans le Trias en Dalmatie, sur le continent, au Sud de Knin, et sa Carte géologique de la Monarchie autrichienne indique l'affleurement du Trias à Lissa. Tschermak a désigné cette roche sous le nom de diallagite. Plus récemment, C. v. Foullon a décrit sous le nom de diorite augitique des roches provenant d'un îlot voisin, Scoglio Pomo [3].

Viola et Cassetti ont montré que le *Monte Gargano* est un anticlinal indépendant de l'Apennin, orienté N.W., et dont l'axe est formé par le Jurassique supérieur [4].

Les *Pietre Nere,* sur le Lac de Lesina, au Nord-Ouest du Gargano, sont constituées par une roche éruptive. Viola et Di Stefano ont constaté que cette roche forme un filon orienté N. 25° E., c'est-à-dire dans la direction de Lissa ; ce filon est associé à un lambeau de calcaire triasique dont la faune correspond à celle de St. Cassian ou à celle de Raibl. Il y a aussi du gypse dans le voisinage. La roche,

1. G. v. Bukowski, *Ueber den geologischen Bau des nördlichen Theiles von Spizza in Süddalmatien* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1896, p. 93-119); et *Neue Ergebnisse der geologischen Durchforschung von Suddalmatien* (Ibid., 1899, p. 68-77).

2. G. v. Bukowski, *Zur Stratigraphie der Suddalmatinischen Trias* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1896, p. 379-385). La régularité de direction des montagnes situées dans l'intérieur des terres (N.W.-S.E.) ressort de la petite carte géologique du Monténégro publiée par K. Hassert (Petermanns Mitteil., Ergänzungsheft Nr. 115, 1895, pl. I). Près de Trebinje, en Herzégovine, il existe d'après Bittner de la houille dans les couches de Raibl (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1900, p. 145-148).

3. F. v. Hauer, Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1862 (Jahrb., XII), p. 257; *Prehnit von Comisa auf der Insel Lissa und Eruptivgesteine aus Dalmatien* (Ibid., 1867, p. 89-91); *Der Scoglio Brusnik bei St.-Andrea in Dalmatien* (Ibid., 1882, p. 75-77); H. v. Foullon, *Der Augitdiorit des Scoglio Pomo in Dalmatien* (Ibid., 1883, p. 283-286). F. von Hauer insistait dès 1882 sur les Pietre Nere, décrites par Tchihatcheff.

4. C. Viola e M. Casetti, *Contributo alla geologia del Gargano* (Boll. R. Com. Geol. d'Italia, XXIV, 1893, p. 101-129, pl. III-IV, dont 1 carte). La question de savoir si les Murgie doivent être considérées également comme faisant partie de la Dalmatie est discutée en détail dans F. Virgilio, *Geomorfogenia della Provincia di Bari* (estr. dal vol. III dell'op. *La Terra di Bari,* delib. dal Consiglio Prov. per l'Esposizione di Parigi del 1900), in-folio, 148 p., 3 pl. dont 1 carte tectonique, Trani, 1900.

désignée sous le nom de « Garganite », est attribuée aux lamprophyres[1].

Nous nous retrouvons ici en face d'une question souvent débattue, celle de savoir s'il n'a pas existé pendant une partie des temps tertiaires, sur l'emplacement actuel de l'Adriatique, des terres émergées (I, p. 347). Un grand nombre de faits sont venus confirmer l'hypothèse depuis longtemps avancée par Stache, voyant dans l'île Pelagosa un fragment d'une ancienne ligne de côtes qui se serait étendue de Stagno (dans la presqu'île de Sabbioncello) à Lagosta, puis à Pelagosa et aux Tremiti, et dont un affaissement n'aurait laissé subsister que des débris[2].

Au Nord de cette ligne, on ne connaît d'ailleurs aujourd'hui aucune trace de dépôts marins miocènes ou d'âge postérieur jusque vers Goritz et Udine. D'après les observations de Tellini, des dépôts du second et peut-être aussi du premier étage méditerranéen recouvrent directement, aux îles Tremiti, les calcaires crétacés et éocènes[3]. Les formations marines récentes qui ont été signalées à Pelagosa paraissent correspondre seulement à la base du troisième étage méditerranéen. Néanmoins, il semble qu'on doive étendre l'hypothèse de Stache. Je considère l'ancienne ligne de côtes *Stagno-Pelagosa-Tremiti comme un prolongement de la ligne de côtes dont il a déjà été question plus haut et qui, venant du Sud-Est, atteint le*

1. C. Viola e G. Di Stefano, *La Punta delle Pietre Nere presso il Lago di Lesina in provincia di Foggia* (Boll. R. Com. Geol. d'Italia, XXIV, 1893, p. 129-143); C. Viola, *Le roccie eruttive della Punta di Pietre Nere* (Ibid., XXV, 1894, p. 391-405, pl. IV : carte); G. Di Stefano, *Lo scisto marnoso con « Myophoria vestita » della Punta di Pietre Nere* (Ibid., XXVI, 1895, p. 4-51, pl. I-II). Ajoutons que Bittner la découvert sur la Narenta, dans le Trias, un massif étendu de diorite augitique, de gabbro et de diorite; A. Bittner, *Geologische Mittheilungen aus der Werfener Schiefer- und Tertiärer-Gebiete von Konjica und Jablanica a. d. Narenta* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXXVIII, 1888, p. 321-342, notamment p. 334); C. v. John, *Ueber die Gesteine des Eruptivstockes von Jablanica an der Narenta* (Ibid., p. 343-354). — Traverso et Nicoli ont cru pouvoir conclure de la composition du sable, aux environs d'Ancône, de Pesaro et de Ravenne, à la présence de roches éruptives submergées (Atti Soc. ligust. Sc. nat. e geogr., Genova, VII, 1896, p. 139-141); Artini a combattu cette manière de voir, dans les Rendic. Istit. lombardo Sc. e lett., Milano, XXIX, 1897, p. 800.

2. Stache, *Geologische Notizen über die Insel Pelagosa* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1876, p. 123-127); M. Groller v. Mildensee, *Topographisch-geologische Skizze der Inselgruppe Pelagosa* (Mittheil. a. d. Jahrb. k. ungar. Geol. Anst., VII, 1885, p. 133-152, pl. IX-XI, dont 1 carte; voir aussi le t. I du présent ouvr., p. 346, note 1). Sur l'Adriatide en général, voir aussi E. Cortese et M. Canavari, *Nuovi appunti geologiche sul Gargano* (Boll. R. Com. Geol. d'Italia, XV, 1884, p. 225-240 et 289-304, pl. V); M. Canavari, *Osservazioni intorno all' esistenza di una terraferma nell' attuale bacino adriatico* (Proc. verb. Soc. Tosc. Sc. Nat., Pisa, IV, 1885, p. 151-157); Th. Fischer, *Grundzüge der Bodenplastik Italiens* (Verhandl. X. Deutsch. Geogr.-tages in Stuttgart, 1893, p. 39-53).

3. A. Tellini, *Osservazioni geologiche sulle Isole Tremiti e sull' Isola Pianosa nell' Adriatico* (Boll. R. Com. Geol. d'Italia, XXI, 1890, p. 442-514, pl. XI-XII : cartes).

rivage actuel près de Dulcigno. Or cette ligne de côtes répond à la rive septentrionale du golfe d'Albanie, qui s'étendait jadis, comme nous l'avons vu, à travers la Macédoine et jusqu'au delà de Trikkala. L'on arrive ainsi à reconstituer, pour les dernières subdivisions des temps tertiaires ou même pour une époque plus tardive encore, un dessin de l'Adriatique absolument différent de ses contours actuels.

La direction des îles dalmates tourne alors complètement de W.N.W. à E.-W. Cette direction règne à *Lesina;* Söhle l'a retrouvée à Brazza, de même que Kerner sur la partie du continent située au Nord-Ouest de Brazza, près de Trau, et là, les plis orientés E.-W. sont en grande partie renversés vers le Sud [1].

Plus au Nord, il est vrai, la direction normale N.W. reparaît sur toute la largeur des montagnes et des îles adjacentes; mais on reconnaît cependant qu'une notable partie des plis dinariques (Meleda, Curzola, Lissa, Brazza, Trau) s'avance bien davantage vers le milieu de l'Adriatique. En outre, de même que le Gargano, absolument distinct de l'Apennin, court au N.W., le *Monte Conero*, près d'Ancône, forme aussi, d'après Bonarelli, un anticlinal crétacé s'orientant N.W. [2].

Quelques-uns des plis dalmates dont nous avons parlé n'atteignent certainement pas l'Istrie, et il est manifeste au contraire *qu'une grande partie du Golfe de Venise est située à l'intérieur des Dinarides.*

En même temps, tous les chaînons dinariques situés plus au Nord, sur une grande largeur, viennent se fondre dans la vaste contrée montagneuse, formée surtout de calcaire, qui s'étend jusqu'au delà du lac de Garde, et dont la structure a été si profondément influencée par les lignes périadriatiques (I, p. 309). En s'infléchissant, ces chaînons montrent vers l'Ouest du terrain crétacé et du Flysch tertiaire, et vers l'Est surtout des calcaires triasiques avec un substratum qui paraît être paléozoïque. Là encore, les chevauchements vers l'Adriatique, que nous venons de signaler aux environs de Budua et de Trau, demeurent caractéristiques. Le fait a déjà été indiqué auprès de Fiume. Dans la région où s'opère la déviation, près d'Idria, on peut voir dans les mines de mercure,

1. U. Söhle, Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1899, p. 319-325, et 1900, p. 185-187; F. Kerner, *Geologische Beschreibung der Küste südlich von Sebenico* (Ibid., 1898, p. 364-387). Pour Trau et Bua, voir F. v. Kerner, Ibid., 1899, p. 236-240, 298-317, 329-348.

2. Bonarelli, *Carta geologica del M. Conero presso Ancona* (Boll. Soc. Geol. Ital., XIII, 1894, p. 171).

d'après Kossmat, des écailles de schistes paléozoïques poussées vers le Sud-Ouest par dessus le Trias (fig 72). Là encore, on retrouve les roches éruptives et les tufs qui sont si caractéristiques du Trias dans tout le domaine dinarique [1].

6. La zone tonalitique. — Dans l'espace où nous pénétrons maintenant, une tâche pleine d'intérêt s'offre à la géologie comparée.

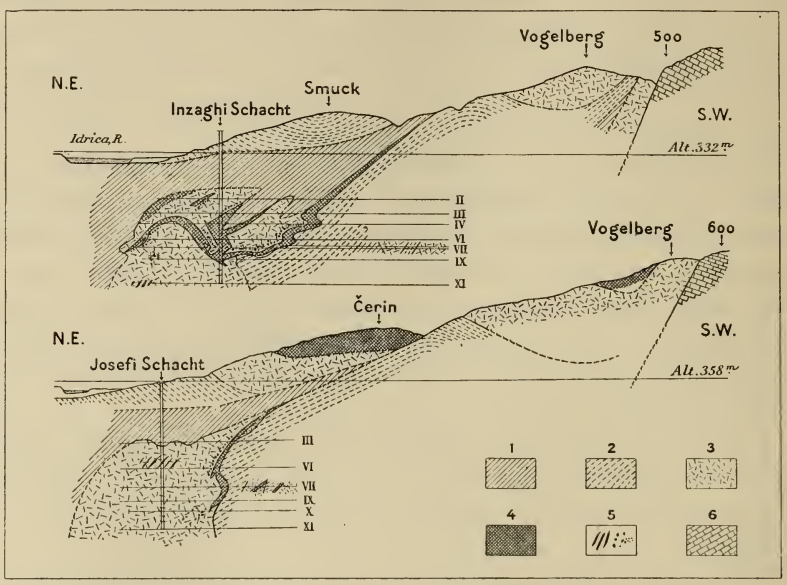


Fig. 72. — Chevauchements des mines d'Idria, d'après F. Kossmat (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLIX, 1899, pl. XI).

1. Schistes paléozoïques; 2. Couches de Werfen; 3. Brèche dolomitique (*Silberschiefer*); 4. Couches de Wengen (*Lagerschiefer*); 5. Lambeaux de schistes écrasés dans la brèche dolomitique; 6. Terrain crétacé; II-XII. Galeries d'exploitation. — Échelle (longueurs et hauteurs) 1 : 15 000.

Les Dinarides, où les mouvements prédominants ont été dirigés vers le Sud, et qui présentent dans leur ensemble les traits propres aux arcs de la bordure méridionale de l'Eurasie, viennent s'y rapprocher des Alpes, où les mouvements ont été dirigés avec une prépondérance non moins marquée vers le Nord, mais qui s'infléchissent dans la direction de l'Apennin.

En ce lieu, la nature réserve au géologue une surprise : *le do-*

1. F. Kossmat, *Ueber die geologischen Verhältnisse des Bergbaugebietes von Idria* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLIX, 1899, p. 259-286, pl. X-XI : carte et coupes); et *Das Gebirge zwischen Idria und Tribuša* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1900, p. 65-78, 1 carte dans le texte). On trouve également dans cette région des traces d'un mouvement négatif ou d'une topographie irrégulière avant le dépôt des couches de Raibl.

maine dinarique demeure séparé des Alpes par une bande profondément disloquée, continue sur plus de 400 kilomètres, et caractérisée dans maintes de ses parties par des intrusions homogènes de tonalite.

Sur les cartes topographiques, cette bande ne se traduit avec quelque netteté que par deux alignements, la direction de la vallée de la Giudicaria et celle de la vallée du Gail. La continuité tectonique de cette grande cicatrice n'a été reconnue que pas à pas, comme résultat d'un grand nombre de travaux de détail, et il serait difficile de dire à qui revient le mérite de la synthèse. Le tronçon situé au N.N.E. de l'Adamello, ainsi que le coude de Meran et ses prolongements, reconnus au delà du Brenner par Teller, ont pu déjà être signalés dans le présent ouvrage (I. p, 320) et suivis du lac d'Idro au Penser Joch (encore à l'Ouest du Brenner), sur une distance de 128 kilomètres. Dès cette époque [1885], les travaux de Teller nous permettaient en outre d'annoncer que la ligne séparative, au delà de Bruneck, atteint Sillian, ce qui donnait 210 kilomètres. En 1893, Frech y ajoutait les 110 kilomètres de la faille du Gail [1], et la longueur totale arrivait à 330 kilomètres. La même année, Löwl publiait ses observations sur la bande de tonalite du Rieser-Ferner, et Becke put enfin, en s'appuyant sur les observations de Löwl, sur celles de Geyer dans le Gailthal et de Teller plus à l'Est, mettre en lumière l'unité de l'arc, du lac d'Idro par Meran jusqu'au Bacher-Gebirge, c'est-à-dire sur une distance de 420 kilomètres [2]. Cette unité a été, depuis, l'objet de nouvelles considérations, notamment de la part de W. Salomon [3]. Je dois ajouter que les descriptions magistrales de Teller et de Geyer m'ont aussi été d'un très grand secours, en essayant de jeter un coup d'œil d'ensemble sur ce phénomène [4].

1. F. Frech, *Die Tribulaungruppe am Brenner in ihrer Bedeutung für den Gebirgsbau* (v. Richthofen-Festschrift, in-8°, Berlin, 1893, p. 100, carte).

2. F. Löwl, *Die Tonalitkerne der Rieserferner in Tirol* (Petermanns Mitteil., XXXIX, 1893, p. 73-82 et 112-116, pl. 6 : carte); F. Becke, *Petrographische Studien am Tonalit der Rieserferner* (Tschermak, Mineralog.-petrogr. Mittheil., XIII, 1892, p. 379-430, 433-464, pl. XII-XIII, en particulier p. 462).

3. W. Salomon, *Ueber Alter, Lagerungsform und Entstehungsart der periadriatischen granitisch-körnigen Massen* (Tschermak, Mineralog.-petrogr. Mittheil., XVII, 1898, p. 109-284, carte). Pour l'Iffinger, indépendamment des travaux antérieurs, voir U. Grubenmann, *Ueber den Tonalitkern des Iffinger bei Meran* (Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich, XLI, 1896, p. 340-353, pl. 4), et *Ueber einige Ganggesteine aus der Gefolgschaft der Tonalite* (Tschermak, Mineralog.-Petrogr. Mittheil., Neue Folge, XVI, 1897, p. 185-196); E. Künzli, *Die Contactzone um die Ulten-Iffingermasse bei Meran* (Ibid., XVIII, 1899, p. 412-442, pl. XI-XII : carte et coupes). Künzli ne voit de phénomènes de contact qu'au bord nord-ouest, et conjecture au bord sud et sud-ouest un affaissement postérieur.

4. Voir en particulier F. Teller, *Erläuterungen zur Geologischen Karte der im*

On peut se demander si ce grand accident s'arrête réellement au lac d'Idro.

A l'extrémité méridionale de l'Adamello, on constate un fait remarquable : les couches du Trias sont inclinées de telle façon que les plus récentes d'entre elles s'enfoncent sous le massif éruptif, tandis que les plus anciennes se montrent vers l'extérieur (I, p. 315). En outre, au cœur même du massif éruptif, Salomon a découvert des lambeaux de calcaire triasique [1]. Plus au Sud, vers Bagolino, affleurent sous le Trias des grès permiens, du porphyre quartzifère et enfin des phyllades anciens, et ces terrains se prolongent dans la direction de l'Ouest, vers le haut Val Trompia. Là, on doit à Bittner d'importantes observations. D'après ce géologue, la faille de la Giudicaria court réellement en ligne droite vers le lac d'Idro. Sa direction est S.S.W. Mais à l'Est de cette faille, on voit quelques cassures qui recoupent en biais les terrains triasiques du « golfe » de l'Adige (Monte Gaverdina), suivant une direction plus voisine de S.W.-N.E. Une de ces cassures descend par le Val Ampola, atteint au voisinage de Storo la ligne de la Giudicaria et se prolonge au Sud de l'Adamello par le haut Val Trompia [2].

Ce n'est pas sans raison que Bittner indique la partie occidentale de cette cassure comme étant l'équivalent tectonique de la faille de la Giudicaria. Mais elle s'aligne si bien dans le prolongement de la faille du Val Sugana qu'on pourrait y voir une réapparition de cet accident. De même qu'au Sud du Val Sugana, d'autres flexures, en partie renversées, se succèdent également au Sud du haut Val Trompia.

Plus à l'Ouest, dans le Val Camonica, le Trias s'avance davantage

Reichsrathe vertretenen Königreiche und Länder der Oesterr.-ungar. Monarchie. SW-Gruppe Nr. 83, *Eisenkappel und Kanker; SW-Gruppe Nr.* 84, *Prassberg a. d. Sann;* in-8°, Wien, K. k. Geol. Reichsanstalt, 1898.

1. W. Salomon, *Neue Beobachtungen aus den Gebieten des Adamello und des St.-Gotthard* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Berlin, 1899, I, p. 27-41, en particulier p. 36).

2. A. Bittner, *Ueber die geologischen Aufnahmen in Judicarien und Val Sabbia* [Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXXI, 1881, p. 219-370, pl. IV-VI : carte et coupes ; voir notamment p. 220, 233, 360 et suiv.; et même Recueil, XXXIII, 1883, p. 426). Le contact vertical du Val Trompia est figuré dans mon mémoire : *Ueber das Rothliegende in Val Trompia* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., LIX, Abth. I, 1869, pl. I). [Au Nord du Val Trompia, entre Bagolino et le lac d'Iseo (Val Camonica), un grand chevauchement dirigé du N. au S. ramène les gneiss et les phyllades sur les grès du Permien et du Trias inférieur (fig. 73). Cet accident, qu'on a pu suivre sur une longueur de 15 kilomètres et une largeur de 6 à 7, paraît être en rapport avec la présence du massif résistant de l'Adamello vers le Nord; A. Baltzer, *Geologie der Umgebung des Iseosees.* In-4°, 48 p., 1 carte, Jena, 1901 (Geol. und Palaeontol. Abhandl., hersgb. v. F. Koken, Neue Folge, V, Heft 2); voir aussi A. Tornquist, A. Baltzer und C. Porro, *Geologischer Führer durch Ober-Italien, I. Das Gebirge der ober-italienischen Seen.* in-8°, Berlin, 1902.]

vers le Nord, mais je n'ai aucun renseignement qui me permette de me prononcer sur la structure de sa limite septentrionale. D'une façon générale, il n'y a aucun doute que la zone mésozoïque qui s'étend le long du bord sud des montagnes, jusqu'au lac d'Orta, ne soit le prolongement direct de celle du « golfe » de l'Adige et du Tyrol méridional. Une traînée d'affleurements plus ou moins continus de granite, de granitite et de diorite quartzifère se suit au loin vers l'Ouest et le Sud-Ouest, jusqu'au voisinage même de Biella. On ne peut guère décider actuellement d'une manière positive si c'est un prolongement de la cicatrice marginale, bien que la situation en soit analogue[1]. Vers le Sud, ces roches sont sui-

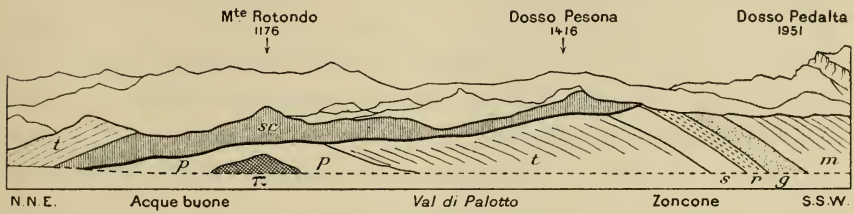


Fig. 73. — Versant gauche du Val Camonica en amont du Lac d'Iseo, d'après A. Baltzer.

π, Porphyre quartzifère; *p*, Permien (grès, schistes et conglomérats); *t*, Grès bigarré; *s*, Couches de Werfen (« Servino »); *r*, Cargneules; *g*, Gypses et marnes; *m*, Muschelkalk. — Échelle (longueurs et hauteurs) 1 : 100 000 environ.

vies d'une zone de micaschistes argileux et de schistes gneissiques, auxquels succèdent des porphyres, des tufs porphyriques, des brèches et des grès rouges, puis le Trias, qui présente la même allure tabulaire ou massive que dans les montagnes calcaires de l'Est, et est sillonné de flexures, de plis et de failles.

En venant de l'Ouest, on voit à partir du bord méridional du lac Majeur, puis autour de Mendrisio, de Lecco et sur le lac d'Iseo les larges massifs triasiques et jurassiques qu'on regarde souvent comme le début de la prétendue « zone calcaire méridionale des Alpes ». Dans la haute Brianza, dit C. Schmidt, la structure est « le résultat d'une poussée tangentielle dirigée du N. au S., et combi-

1. A Bellano, sur le lac de Côme, une bande granitique de ce genre arrive tout près de la limite; E. W. Benecke, *Erläuterungen zu einer geologischen Karte des Grigna-Gebirges* (Neues Jahrb. f. Min., III. Beilage-Bd., 1884, p. 171-251, pl. II-III dont 1 carte, avec description du granite par Cohen); T. Taramelli, *Osservazioni stratigrafiche nella Valsassina e nella Vattorta* (Rendic. Ist. Lombardo di Sc. e Lett., ser. II, XXV, 1892, p. 563-578). On trouve de nombreuses observations relatives à ce territoire, par Spreafico, Parona, Calderini, Taramelli, Porro, Artini et Riva, dans les derniers volumes des *Rendiconti Ist. Lombardo* (Milano) et des *Atti Soc. Ital. Sc. Nat.* (Milano).

née avec l'affaissement des massifs montagneux du Sud »[1]. Cette même structure règne dans les Monts de la Grigna et plus à l'Est jusqu'au lac de Garde, où se fait sentir l'avancée des accidents de l'Adige. Mais au delà du faisceau de l'Adige, la formule de C. Schmidt peut également s'appliquer à tout le domaine périadriatique.

Il en va tout autrement à l'Ouest de Biella. Là règne partout un plissement énergique et très serré. Des années d'effort et de travail assidu se sont écoulées avant que l'âge mésozoïque des « Pietre verdi » ait été établi par les heureuses découvertes de Franchi. C'est aux Alpes qu'il faut attribuer déjà la grande bande d'amphibolite qui, venant du Nord du lac Majeur, atteint la plaine près d'Ivrée. Le contraste entre l'allure tranquille du Trias, sur les lacs de la Haute Italie, et les plis serrés qui commencent aux environs de Biella est exactement celui que nous retrouverons près de Bruneck, entre le Sud et le Nord du Pusterthal.

Rasetti a décrit l'affaissement du Trias sur les bords de la Sesia[2].

La granitite, du Monte Orfano et des carrières bien connues de Baveno, sur le lac Majeur, s'étend au Sud-Ouest par Omegna, au Nord du lac d'Orta, vers Cellio et Valduggia, est coupée par la Sesia en amont de Borgosesia, puis se prolonge au delà du Monte Tovo dans la direction de Biella. Les schistes anciens n'apparaissent pas à l'Ouest de la Sesia. Une large zone de porphyre et de grès rouge succède directement à la granitite. Sur cette zone repose, à l'Est de la Sesia, la masse du Monte Fenera (899 m.), parfois affaissée dans ce soubassement le long des cassures, mais, dans l'ensemble, inclinée au Nord-Est. A la base on trouve un calcaire foncé, puis 300 mètres de dolomies à Diplopores, et au sommet une plate-forme de Lias. Un petit lambeau isolé de dolomie se voit beaucoup plus bas, vers Grignasco (348 m.), près du bord sud de la zone des porphyres. Il existe aussi à l'Ouest de la Sesia, au Sud-Ouest de Borgosesia, un petit lambeau dolomitique du même genre, pincé entre la granitite et la zone des porphyres.

1. C. Schmidt, *Zur Geologie der Alta Brianza* (Congrès Géol. Internat., 6e sess., Suisse, 1894, Comptes rendus, p. 503-518, pl. III); E. W. Benecke, Mém. cité; voir en outre E. Philippi, *Beitrag zur Kenntniss des Aufbaues und der Schichtenfolge im Grignagebirge* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., XLVII, 1895, p. 665-734, pl. XIX-XXI : carte et coupes), et *Geologie der Umgegend von Lecco und des Resegone-Massivs* (Ibid., XLIX, 1897, p. 318-367, pl. XIII-XIV, dont 1 carte); H. Becker, *Lecco und die Grigna* (Ibid., XLIX, 1897, p. 690-692, etc.).

2. G. E. Rasetti, *Il Monte Fenera di Valsesia* (Boll. Soc. Geol. Ital., XVI, 1897, p. 141-175, pl. VII : carte).

C'est là que se termine, du côté de l'Ouest, le Trias de la région des lacs.

Mais revenons au Tyrol.

Dès 1855, Emmrich reconnaissait que les terrains calcaires des environs de Lienz ressemblent plus à ceux du Nord des Alpes, malgré la distance, qu'aux formations des montagnes avoisinantes du Tyrol méridional[1]. Les observations faites depuis ont confirmé cette remarque. Les calcaires marins à *Bellerophon* qui, dans le Sud, surmontent le grès de Gröden, manquent au Nord de la limite qui s'étend du Brenner au Bacher. Au Nord, on voit les couches de Bleiberg à *Pinacoceras floridum*, au Sud les couches de Raibl à *Myophoria Kefersteini;* et bien que, tout récemment, on ait trouvé certains indices d'un rapprochement entre les deux faciès : présence dans la région méridionale du genre *Tropites*, qu'on ne connaissait jusqu'ici que dans le Nord; découverte des roches oolithiques du Nord dans le Cadore, etc., — la série des couches, de part et d'autre de la grande zone de dislocation, n'en reste pas moins caractérisée par un grand nombre de particularités distinctives[2].

La partie de la ligne de dislocation comprise entre le Brenner et le Bacher, sur environ 300 kilomètres, n'est pas seulement jalonnée par de longues cassures et des intrusions de tonalite, elle forme en outre la limite des faciès pour plusieurs étages du Permien et du Trias.

Par opposition avec l'Ouest, où l'Adamello, l'Iffinger, puis même le Rieser-Ferner atteignent une altitude respectable, la limite est souvent jalonnée à l'Est par des vallées ou des dépressions. Au-dessus de ces vallées s'élèvent au Nord et au Sud les blanches murailles du Trias. On n'y trouve aucun indice de la proximité d'un rivage. Les roches tonalitiques qui les séparent sont postérieures au Trias. Cependant le faciès de certains étages du Trias, au Nord et au Sud, est différent.

Le faciès méridional règne vers l'Ouest et le Sud-Ouest jusqu'à la ligne de la Giudicaria, et plus loin au Sud, à travers la région des lacs. Dans cette partie occidentale, aucune occasion ne se présente de le comparer avec le faciès septentrional. Le terrain crétacé, par exemple dans les montagnes du « golfe » de l'Adige, affecte déjà des

1. H. Emmrich, *Notiz über den Alpenkalk der Lienzer Gegend* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., VI, 1855, p. 449).

2. G. Geyer, *Ueber die Verbreitung und stratigraphische Stellung der schwarzen Tropites-Kalke bei San Stefano in Cadore* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1900, p. 355-370). Sur la présence dans la coupe de Raibl d'un faciès rappelant les couches de Bleyberg, voir Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XVII, 1867, p. 580.

caractères tout à fait différents de ceux de la Craie de Gosau, dont les lambeaux transgressifs atteignent la Carinthie : c'est le faciès méridional des calcaires blancs, bien stratifiés. Ici, où il ne s'agit pas d'établir un groupement morphologique, mais de rechercher le plan de l'édifice, *nous devons séparer des Alpes toute la région montagneuse située à l'Est de la Sesia, puis à l'Est de la Giudicaria et au Sud du Gail, et l'attribuer aux Dinarides.*

Cette région montagneuse présente la structure suivante :

Tandis que les chaînes dinariques s'allongent du Sud-Est au Nord-Ouest, elles sont limitées au Nord-Est par le prolongement du massif ancien qui, du Rhodope, s'étend dans l'Est de la Serbie et dont le dernier pointement surgit au voisinage d'Agram. La largeur de l'espace que ces chaînes occupent entre Agram et le bord de la mer atteint 120 kilomètres, et bien davantage encore si l'on y comprend les îles et l'Istrie. A 70 kilomètres environ au Nord-Ouest d'Agram est situé le bord sud du Bacher-Gebirge, qui se dresse comme un pilier d'angle au bord des Alpes [1]. Cette large ouverture entre les collines d'Agram et le Bacher se trouve pour ainsi dire abritée par la conversion du faisceau dinarique, courant au N.W. Or, par cette ouverture, toute une série de plis allongés venant de l'Ouest s'avancent au loin dans les plaines du Sud de la Styrie et de la Croatie, en sortant pour ainsi dire du dos des chaînes dinariques; *ils affectent la direction presque Est-Ouest de la grande zone de dislocation* et vont mourir peu à peu sous les dépôts tertiaires. D'après Teller, ces chaînons des bords de la Save ne correspondent que pour une faible partie à des plis; dans la plupart des cas, ce sont des bandes de couches fortement redressées, que limitent des failles séparatives. La même direction est encore très reconnaissable dans la région montagneuse plus élevée de l'Ouest, jusque vers Krainburg, et il semble que la grande plaine qui s'étend au Nord-Ouest de Laibach soit située près du point de contact des lignes dinariques et des accidents des bords de la Save.

Dans l'aire périadriatique, la direction dinarique s'infléchit alors du N.W. à l'W. et enfin au S.W., tandis que sur le bord septentrio-

1. C. Doelter, *Bericht über die geologische Durchforschung des Bachergebirges* (Mittheil. Naturw. Ver. für Steiermark, 1892, p. 2-23); F. Teller, *Ueber den sogennanten Granit des Bachergebirges* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1893, p. 169-182); voir en outre J. Dreger, Ibid., 1894, p. 247-250 et 1896, p. 84-90; Teller und Dreger, SW-Gruppe, Nr. 85, *Pragerhof;* A. Pontoni, *Ueber die mineralogische und chemische Zusammensetzung einiger Granite und Porphyrite des Bachergebirges* (Tschermak Mineralog. Petrogr. Mittheil., Neue Folge, XIV, 1895, p. 360-374); Ippen, Mittheil. Naturw. Verf. für Steiermark, 1892.

nal de la faille du Val Sugana se dresse le horst de la Cima d'Asta [1]. Au Nord de ce horst, le puissant massif porphyrique s'étend jusqu'aux environs de Meran (I, fig. 53, p. 319). Mais dans le « golfe » de l'Adige, entre le bord ouest du massif porphyrique et la ligne de la Giudicaria, naît une série de flexures ou de plis en genou qui descendent parallèlement à la ligne de la Giudicaria vers le lac de Garde; ces accidents, renversés à l'E.S.E., forment au delà du lac le Monte Baldo, puis, du côté de Vérone, s'écartent un peu à la façon d'un éventail et se terminent à la faille de Schio (I, p. 328). Au Nord, ces flexures sont dans le Trias; au Sud, elles s'enfoncent dans le Crétacé, du moins celles de l'Est, et elles s'éteignent dans la région tertiaire de Vérone et de Vicence.

Ces lignes de l'Adige ont une certaine analogie avec celles de la Save. De part et d'autre, il y a comme un rayonnement, de l'intérieur des montagnes, suivant une direction distincte et autonome. De part et d'autre, à mesure qu'on s'avance vers l'extérieur, l'intensité diminue et les accidents disparaissent. De part et d'autre encore, la séparation d'avec le domaine principal des lignes périadriatiques, par la Cima d'Asta et par les collines d'Agram, est imparfaite. Enfin, dans les deux cas, la direction des chaînons paraît être influencée bien plutôt par l'allure de la grande zone de dislocation que par celle du faisceau dinarique ou périadriatique.

Ces deux groupes d'accidents, placés aux deux extrémités de l'aire périadriatique, semblent répondre à des phénomènes secondaires de dispersion : ils sortent pour ainsi dire, par des issues latérales, du domaine où se sont déroulés les grands événements dynamiques [2].

1. A l'exemple de Krafft, je crois aujourd'hui devoir attribuer au granite de la Cima d'Asta un âge antérieur; A. von Krafft, *Das Alter des Granites der Cima d'Asta* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1898, p. 184-189); Salomon le considère comme beaucoup plus récent : *Ueber Alter... der periadriatischen... Massen*, p. 194 et suiv., et *Ueber das Alter des Asta-Granites* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1898, p. 327-333). Il est question des schistes anciens de l'Asta dans M. Vacek, *Ueber die geologischen Verhältnisse des obersten Val Sugana* (Ibid., 1896, p. 459 et suiv.)

2. On a déjà vu quel intérêt se rattache à la connaissance des extrémités libres (Chap. VII, p. 407, note 1). — « Si nous considérons alors la surface..., comprimée ainsi peu à peu entre des mâchoires à contours irréguliers, cette surface ne se plissera pas partout en même temps. Les premières rides se formeront tout d'abord dans les régions où la compression sera la plus forte... Ces rides s'étendront ensuite, par un effet évident de continuité, des deux côtés du centre de plissement » (Ph. Zurcher, *Sur les lois de la formation des plissements de l'écorce terrestre*, Feuille des jeunes Naturalistes, Paris, IIIe sér., XXI, n° 251, 1er septembre 1891, p. 2); et *Note sur la structure de la région de Castellane* (Bull. Service Carte géol. de la Fr., VII, 1895-96, n° 48, p. 325 et suiv.). Cet exemple est choisi, il est vrai, sur une petite échelle, mais il demeure applicable aux plus grandes dimensions, même au prolongement latéral du Kouen-lun.

Dans le centre de l'aire périadriatique, jusqu'au bord septentrional, on ne voit rien qui corresponde aux plis de l'Adige ou aux plis de la Save. Ce que l'on constate près de Bruneck, c'est, comme nous l'avons dit, le même contraste d'allures qui frappe à l'Est et à l'Ouest de Biella. Ici, les extrêmes ne sont plus éloignés que de quelques kilomètres. Les plis triasiques écrasés du Penser Joch (I, p. 320) se présentent tout contre la bande de tonalite qui, à partir de Meran, se dirige vers la route du Brenner. D'autres lambeaux triasiques du même genre se montrent également à l'Est de la route du Brenner; Teller a décrit l'un de ces plis à Inner-Villgratten, et un second affleure à Brunneck même. Il se prolonge vers l'E.S.E. ou l'E. au Nord de Toblach, sous la forme d'une traînée de rochers blancs. Lorsque, des hauteurs qui dominent Toblach, on dirige le regard vers le Sud, par delà le Pusterthal, sur les cimes hardies de la Croda di Antruilles, du Monte Cristallo et du Zwölfer Kofel, qui s'élancent au-dessus d'une large base, on mesure facilement l'étendue de ce contraste immédiat. Le Pusterthal, qui s'étend aux pieds du spectateur, sert de limite dans cette région entre le domaine alpin et le domaine dinarique.

Le pli écrasé, au-dessus de Toblach, appartient aux Alpes; la foule des cimes blanches du Sud présente l'allure large, ouverte, plutôt tabulaire et en même temps le faciès méridional du Trias dinarique. C'est le bord de la cuvette périadriatique (I, p. 341).

Or, la traînée comprimée de lambeaux triasiques de Bruneck et de Toblach est précisément celle qui, comme Teller l'a montré, s'ouvre vers l'Est, passant ainsi, probablement d'ailleurs avec adjonction de la bande triasique d'Inner-Villgratten, aux *Montagnes de Lienz*, qui constituent l'extrémité occidentale des Alpes du Gailthal. Grâce aux levés détaillés de Geyer, cette hypothèse a été confirmée, et nous possédons du même coup un tableau très exact de ce chaînon, morcelé par des failles longitudinales et étroitement comprimé : mieux qu'en aucune autre partie des Alpes Orientales, on peut y étudier les rapports des bandes « en forme de racine » avec les nappes triasiques continues. D'ordinaire, ces « racines » peuvent bien être, comme en Suisse, les extrémités écrasées de vrais synclinaux; mais le fait qu'au-dessus de Laas, le long de cassures longitudinales de ce genre, une esquille de calcaire triasique n'ayant que 400 à 500 mètres de largeur se suit sur 10 kilomètres, encaissée dans les schistes anciens du substratum, montre qu'il s'est formé aussi des fosses d'affaissement [1].

1. G. Geyer, *Ein Beitrag zur Stratigraphie und Tektonik der Gailthaler Alpen in Kärnten* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLVII, 1897, p. 295-364, en particulier p. 361,

C'est avec cette structure que les *Alpes du Gailthal*, formées de Trias et de terrain jurassique, se prolongent entre le Gail et la Drave jusqu'à Villach; elles disparaissent sur une très petite distance au-dessous du fond de la vallée, et ressortent à l'Est du confluent du Gail. Leur direction, d'E.-W., a tourné un peu plus à l'E.S.E.; ensuite elle redevient E.-W.

Cette nouvelle chaîne calcaire est celle des *Karawanken du Nord;* Teller montre qu'elle est caractérisée aussi bien que les Alpes du Gailthal par le faciès septentrional de ses terrains et par de grandes failles[1]. Elle s'étend jusqu'au voisinage de Windischgratz, dans le Sud de la Styrie. Là, elle s'arrête à la rencontre d'une cuvette remplie de dépôts oligocènes. Mais au delà de ce bassin, près d'Ober-Dollitsch, on voit se coller au versant sud-ouest du Bacher, dont les roches archéennes sont limitées par une cassure abrupte, un grand lambeau qui appartient encore aux Karawanken[2] (fig. 74).

De Bruneck à la cassure d'Ober-Dollitsch, la longueur de cette bande calcaire alpine est de 260 kilomètres. *Le bord sud des Alpes du Gailthal et des Karawanken du Nord coïncide avec le bord sud du Trias alpin.*

Nous avons vu que la limite entre les Alpes et la Chaîne Dinarique passe par le Pusterthal, près de Toblach. Là, comme dans tout le Gailthal, on ne voit pas d'intrusions tonalitiques jalonner cette limite. Le prolongement rectiligne de la zone est indiqué, dans le Gailthal, par une large bande de terrains anciens et par la différence d'allure et de faciès des terrains calcaires au Nord et au Sud de cette bande. *Les intrusions se sont séparées de la limite, dont elles s'écartent d'environ 9 kilomètres vers le Nord; elles forment au milieu du domaine alpin une longue bande de tonalite, orientée W.-E.*

Nous avons déjà eu l'occasion de mentionner les premiers travaux de Teller et les études plus récentes de Löwl et de Becke sur cette région. D'après Löwl, cette bande de tonalite comprend deux massifs dont la largeur atteint 4 kilomètres, le noyau du *Reinwald* et le noyau du *Rieser* (Hoch-Gall, 3 440 m.), rattachés l'un à l'autre par un étroit pédoncule. Des lambeaux de gneiss les recouvrent, comme les fragments du toit dans les laccolithes. Le Zinsnock forme au Sud une sorte d'annexe plus petite. Le noyau du Rieser s'étend ensuite au

363); *Ueber die geologischen Aufnahmen im Westabschnitt der Karnischen Alpen* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1899, p. 89-117), et dans beaucoup d'autres publications.

1. Voir, par exemple, F. Teller, *Erläuterungen zur Geologischen Karte... Eisenkappel und Kanker*, p. 78.

2. F. Teller, *Erläuterungen zur Geologischen Karte... Prassberg, a. d. Sann*, passim.

loin vers l'Est, sous l'aspect d'une chaîne allongée et très étroite.

La longueur totale, du versant ouest du noyau du Reinwald à Taufers jusqu'à l'extrémité orientale du Rieser dans le Defereggen Thal,

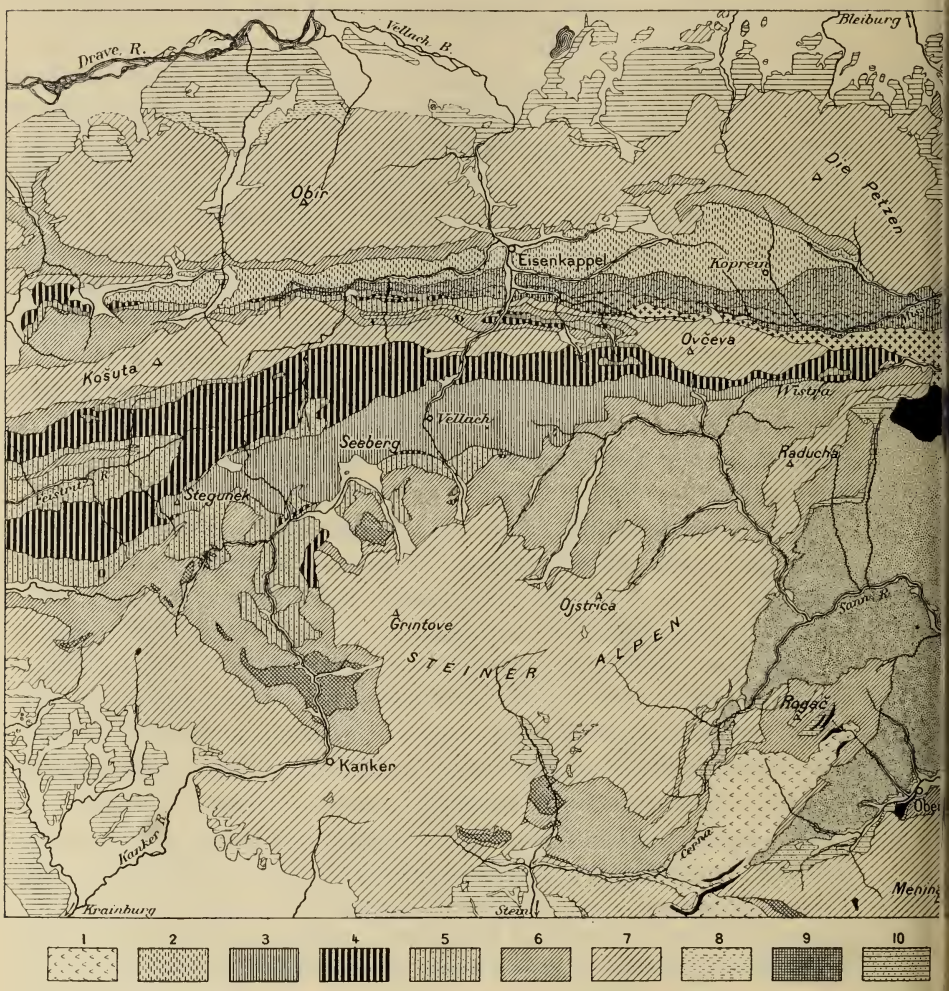
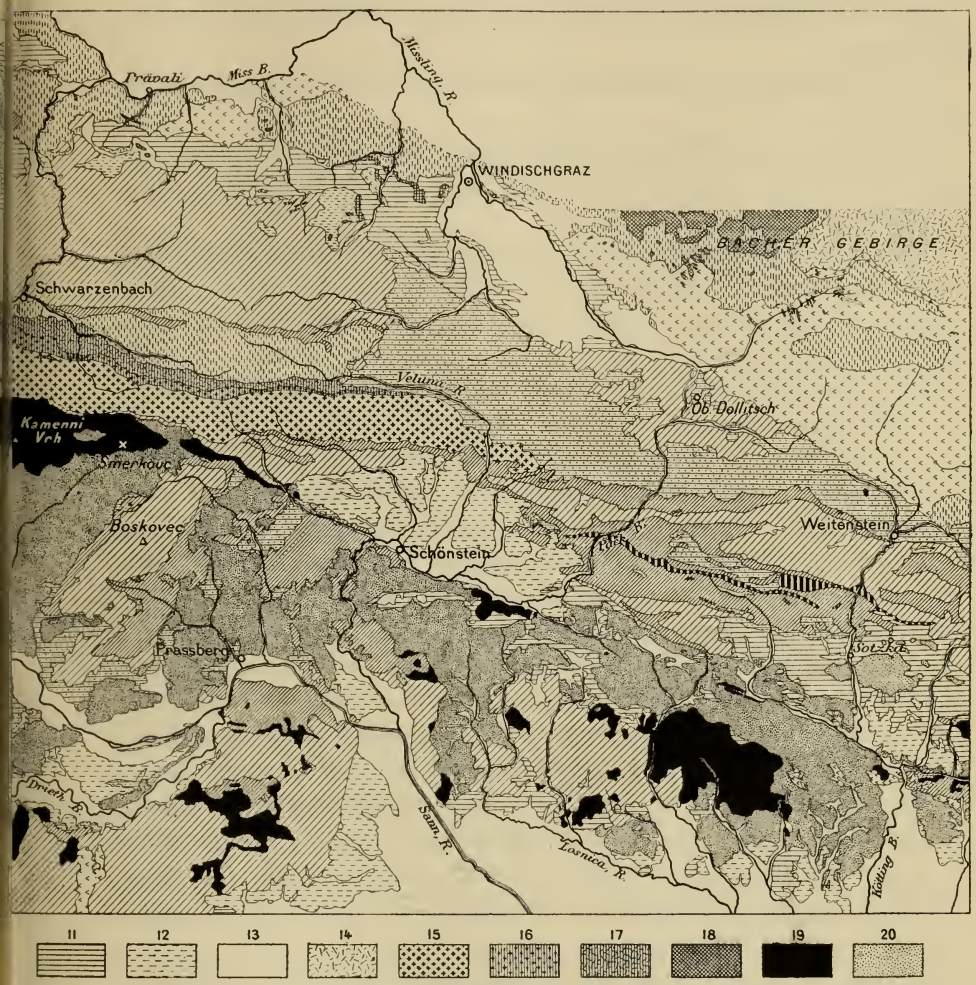


Fig. 74. — Carte géologique des Karawanken, d'après F. Teller (*Geologis*

1. Gneiss; 2. Terrains paléozoïques indéterminés; 3. Silurien et Dévonien; 4. Carbonifère; 5. Permien; 6. 13. Quaternaire et Alluvions; 14. Granite gneissique du Bacher-Gebirge; 15, 16. Tonalite et produits de son m Échel

est de 37 kilomètres. Là, grâce à un chevauchement venant du Sud, à ce qu'il semble, la tonalite disparaît ; mais quelques traces s'en retrouvent bien plus à l'Est. Teller en a trouvé dans l'Iselthal et Canaval à une distance encore plus grande, mais suivant la même

direction, au Graakofel dans le groupe du Kreuzeck[1]. Cela donnerait, à partir de Taufers, une longueur d'environ 85 kilomètres. Chose singulière, des roches éruptives de composition tout à fait analogue



arte der östlichen Ausläufer der Karnischen und Julischen Alpen, 1896).

'érieur; 7. Trias moyen et supérieur; 8. Jurassique; 9. Crétacé; 10. Oligocène; 11. Miocène; 12. Pliocène ›rphisme; 17. Granite amphibolique (Granitite); 18. Porphyre quartzifère; 19. Andésite; 20. Tufs andésitiques. 300 000.

reparaissent encore une fois à l'extrémité Est. Elles s'élèvent jusque dans les schistes à *Aptychus,* qui sont probablement jurassiques, et

1. F. Teller, *Ueber porphyritische Eruptivgesteine aus den Tiroler Central-Alpen* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXXVI, 1886, p. 715-746, notamment p. 736); R. Cana-

pénètrent également à travers les roches archéennes du Bacher-Gebirge lui-même (fig. 74)[1].

Il est probable qu'on démontrera un jour qu'il existe à l'Est de Taufers, jusqu'au Bacher, dans l'intérieur du domaine alpin, *une seconde zone intrusive de roches tonalitiques, parallèle à la cicatrice principale.*

Mais revenons à la dislocation maîtresse, c'est-à-dire à la limite dinarique.

Les travaux de Teller nous donnent une idée très nette de la façon dont la roche éruptive reparaît dans la partie orientale de cette limite[2].

On ne peut guère déterminer exactement l'endroit où commence cette réapparition, parce qu'elle est encore masquée par un chevauchement dirigé vers le Nord. Il y a d'abord une bande étroite de granitite, dirigée à peu près E.-W.; elle est suivie, du côté du Sud, par une bande de schistes fortement modifiés au contact (Sf, fig. 75); ces schistes sont suivis à leur tour, du côté du Sud, un peu plus à l'Est, par une bande de tonalite, souvent transformée en gneiss tonalitique par les pressions subséquentes. Ces trois bandes, dont la troisième est destinée à devenir la plus puissante, se dirigent alors en ligne droite, étroitement associées, vers l'E., puis vers l'E.S.E. Leur plus grande largeur, ensemble, est de 3 à 5 kilomètres, et la longueur totale, en comptant un lambeau voisin du pied du Bacher, atteint 58 kilomètres. Vers l'extrémité orientale, on ne voit que de la tonalite. La granitite représente le terme le plus récent et forme une seconde injection dans la même zone de dislocation. La largeur apparente, notamment à l'Ouest, est affectée par des chevauchements.

La longueur totale de la ligne Giudicaria-Bachergebirge est de 420 kilomètres. Sur cette distance, 193 kilomètres environ coïncident avec des intrusions de tonalite : 1° celle de l'*Adamello* (43 kilomètres), très large, légèrement déplacée à l'Ouest et au Nord par

val, *Die Erzvorkommen von Plattach und auf der Assam-Alm bei Greifenburg in Kärnten und die sie begleitenden Porphyrgesteine* (Ibid., XLV, 1895, p. 103-124, en particulier p. 104).

1. E. Hussak, *Ueber das Auftreten porphyritischer Eruptivgesteine im Bachergebirge* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1884, p. 247); H. B. v. Foullon, *Ueber Quarzglimmerdioritporphyrite aus dem östlichen Kärnten* (Ibid., 1889, p. 90-96); F. Teller, *Erläuterungen zur Geologischen Karte... Prassberg a. d. Sann*, p. 154.

2. Parmi les publications récentes, on peut citer : E. Reyer, *Reiseskizzen über das Smrekouz-Gebirge* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1878, p. 296-298); H. V. Graber, *Die Aufbruchszone von Eruptiv- und Schiefergesteinen in Süd-Kärnten* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLVII, 1897, p. 225-294, pl. V-VII), et les nombreux travaux de Teller sur ce sujet, en particulier : *Erläuterungen zur Geologischen Karte... Eisenkappel und Kanker*, p. 120 et suiv., et *Prassberg a. d. Sann*, p. 18 et 136.

rapport à l'accident oriental (ligne de la Giudicaria) et à l'accident méridional (ligne du Val Trompia), mais située encore dans le domaine du faciès dinarique du Trias, dont la limite, inconnue dans ces parages, passe certainement à l'Ouest de la Giudicaria; 2° la *bande de l'Iffinger et de la route du Brenner* (55 kilomètres environ) : elle coïncide probablement sur toute sa longueur avec la faille et avec la limite des faciès; à l'Iffinger elle s'est un peu élargie, ailleurs elle demeure très étroite; 3° celle du *Rieser-Ferner* (37 kilomètres); repoussé de 9 kilomètres environ au Nord de la ligne de dislocation, ce tronçon est en plein domaine alpin; sa largeur, dans l'Ouest, atteint par deux fois 4 kilomètres (noyau du Reinwald et noyau du Rieser), tandis qu'elle est très faible dans l'Est; si l'on y

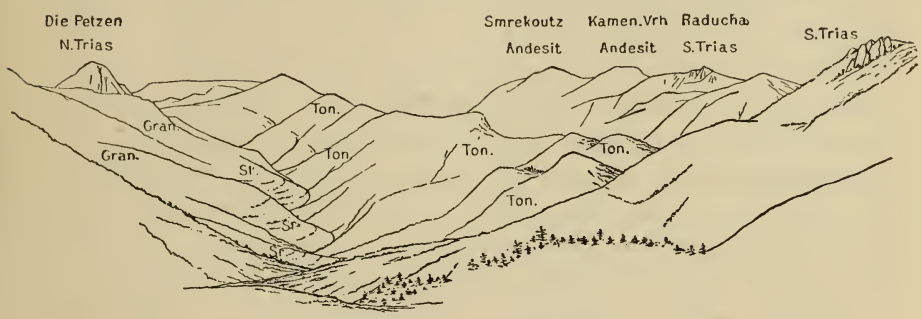


Fig. 75. — La vallée du Miss vue du col d'Uschowa (Carinthie), d'après un dessin de l'auteur.

joint les quelques pointements isolés de l'Est, sa longueur jusqu au groupe du Kreuzeck arrive à 85 kilomètres; mais il y aurait là une bande septentrionale parallèle; 4° le *tronçon oriental*, y compris le dernier affleurement au voisinage du Bacher (58 kilomètres); très rétréci au début, il présente dans la moitié orientale une largeur presque constante de 1 800 mètres, et se montre bordé au Nord, sur une grande partie de sa longueur, par une intrusion parallèle plus récente de granitite, qui est fort étroite, mais s'élargit localement, à l'Est de Koprein, jusqu'à 2 kilomètres.

Ces intrusions, s'alignant sur un arc de cercle dont la longueur dépasse 400 kilomètres, doivent être regardées, ainsi que le prouve l'uniformité de composition et d'allure de la roche, comme des phénomènes du même ordre et du même âge. On ne peut guère parler de « consanguinité » au sens d'Iddings, tant la roche est partout semblable à elle-même; elle a d'ailleurs souvent été transformée par les mouvements ultérieurs en gneiss tonalitique. La gra-

nitite plus récente de l'Est provient sans doute du même foyer et du même magma. A l'Est se montre en outre une andésite, qui est postérieure à l'une et à l'autre.

Des roches éruptives très variées sont venues au jour dans ce territoire depuis les diabases paléozoïques. Il suffira de renvoyer aux considérations que Brögger leur a consacrées[1].

7. La Chaîne Carnique. — Au voisinage de Sillian, dans le Tyrol, on aperçoit l'extrémité occidentale d'une chaîne de montagnes qui, bien que située en dedans de la cicatrice limitative, est néanmoins indépendante des Dinarides et, comme la Cima d'Asta, leur est antérieure. Un coup d'œil sur la fig. 53 du t. I (p. 319) montre de larges affleurements de phyllades anciens entre le bord septentrional du plateau de porphyre et la bande triasique, pincée dans les plis de Bruneck, qui vient des montagnes de Lienz. Il n'est pas du tout certain que ce soient les mêmes phyllades qui reparaissent plus à l'Est. Au-dessus de Sillian, Geyer a trouvé sur le versant nord de la vallée et non loin de la bande triasique précitée, l'extrémité occidentale, dont nous avons déjà parlé, d'une bande paléozoïque qui acquiert bientôt une largeur considérable, court sur une centaine de kilomètres au Sud du Gailthal, sous le nom de Chaîne Carnique, et se prolonge même au delà vers l'Est. Au Sud de la Rienz, au-dessus de Sillian, cette série paléozoïque repose sur des quartzophyllades qui, à l'encontre des autres terrains, s'orientent vers le S.E. (Helmspitz, 2450 m.; Eisenreich, 2664 m., etc.), atteignent le Comelico et ne disparaissent qu'au voisinage de Forni Avoltri. Vers le Nord, dans le Gailthal, la zone paléozoïque est précédée par une zone de micaschistes et de gneiss, à laquelle succède au Nord le Trias à faciès nord-alpin des Alpes du Gailthal.

J'emprunte ce qui suit aux travaux de Geyer[2] :

Au Sud, dans les environs de Sexten, le Trias dinarique est à peu près horizontal. Les quartzophyllades (Helmspitz, etc., et Comelico) et les couches paléozoïques de la Chaîne Carnique appartiennent à une seule et même unité tectonique, et forment un puissant massif refoulé vers le Nord en écailles multiples. Les micaschistes et les gneiss du Gailthal constituent de même une voûte localement ren-

1. W. C. Brögger, *Die Eruptivgesteine des Kristianiagebietes. II. Die Eruptionsfolge der triadischen Eruptivgesteine bei Predazzo in Südtyrol*, in-8°, Kristiania, II, 1895, p. 154 et suiv. (Videnskabsselsk. Skr., I. Mathem.-naturv. Kl., 1895, n° 7).

2. G. Geyer, *Ueber die geologischen Aufnahmen im Westabschnitt der Karnischen Alpen* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1899, p. 89-117), et *Zur Kenntnis der Triasbildungen von Sappada, San Stefano und Auronzo in Cadore* (Ibid., 1900, p. 119-141).

versée vers le Nord. Le Trias alpin des Alpes du Gailthal est également poussé vers le Nord.

Plus à l'Est, la situation se modifie; les quartzophyllades du Comelico ont disparu; le calcaire à Fusulines du Carbonifère supérieur recouvre en discordance les plis arasés de la Chaîne Carnique.

La Chaîne Carnique est une chaîne étrangère aussi bien aux Dinarides qu'aux Alpes, de direction indépendante et d'âge varisque, plissée vers le Nord, et apparaissant au bord sud de la zone disloquée sous les Dinarides.

Cette chaîne ancienne a été l'objet de travaux nombreux et importants; Stache y a découvert les premiers Graptolithes; Frech s'y est livré à des recherches fort instructives, en particulier sur le terrain dévonien; Taramelli et ses élèves en ont étudié le versant ridional; puis Geyer a fait le levé détaillé de toute la partie située en territoire autrichien[1]. Actuellement, d'après les fossiles, on y connaît des traces du Silurien inférieur, les deux étages du Silurien supérieur de Bohème, divers niveaux du Dévonien, y compris le calcaire à Clyménies, et sur un point situé plus à l'Est (Nötsch, près de Bleiberg), le Carbonifère inférieur à *Productus giganteus*. vient, en discordance, le Carbonifère supérieur[2].

A l'extrémité occidentale, l'étage inférieur de la série paléozoïque, caractérisé par des diabases[3] et des schistes verts, forme sur une grande épaisseur le versant nord et, par suite de la disparition des quartzophyllades, s'étale largement sur le versant sud. Geyer a fait

1. Parmi les très nombreuses publications dont cette région a été l'objet, je dois me borner à citer : Fr. Frech, *Die Karnischen Alpen. Ein Beitrag zur vergleichenden Gebirgs-Tektonik*, in-8°, XIV-514 p., 24 pl., 3 cartes, Halle, 1894; S. Taramelli, *Osservazioni stratigrafiche sui terreni paleozoici nel versante italiano delle Alpi Carniche* (Atti R. Accad. Lincei, Ser. 5, Rendic., 1895, sem. 2, IV, p. 185-193); G. Geyer, *Ueber die geologischen Verhältnisse im Pontafeler Abschnitt der Karnischen Alpen* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLVI, 1896, p. 127-234, pl. I : carte), et *Ueber neue Funde von Graptolithenschiefern in den Südalpen* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1897, p. 237-252). Sur ses rapports avec les Alpes Orientales en général, voir C. Diener, *Grundlinien der Struktur der Ostalpen* (Petermanns Mitteil., XLV, 1899, p. 204-214).

2. Pour la succession des couches, voir G. Stache, *Die palaeozoischen Gebiete der Ostalpen, I* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXIII, 1873, p. 175-248), et *II* (Ibid., XXIV, 1874, p. 135-274, pl. VI : carte, et VII-VIII : coupes); Stache donne une coupe du Silurien dans Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1890, p. 121-126; voir aussi Frech, *Ueber das Devon der Ostalpen, I* (Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., XXXIX, 1887, p. 659-737, pl. XXVIII-XXIX), et *II* (Ibid., XLIII, 1891, p. 672-687, pl. XLIV-XLVII); en outre Ibid., XLVIII, 1896, p. 199-201, et ailleurs. Pour le Carbonifère et le Permien, consulter les nombreux travaux signalés dans les notes des pages suivantes.

3. Sur un point du versant sud, il existe, d'après A. Rosiwal, une porphyrite à enstatite (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1895, p. 436); L. Milch signale des porphyrites quartzifères dans lesquelles le feldspath est abondant (*in* Frech, *Die Karnischen Alpen*, p. 185).

connaître comment les choses se passent. Le Silurien supérieur remplit des synclinaux s'ouvrant vers le Nord.

Un peu plus à l'Est, le calcaire dévonien apparaît en outre dans les synclinaux et forme désormais les cimes (Paralba, 2692 m.; Königswand, 2684 m.). Plus on s'avance vers l'Est et plus l'axe tectonique de la chaîne s'abaisse, car l'importance des étages inférieurs diminue et celle du Dévonien augmente. Enfin tout cet ensemble, étroitement plissé, s'enfonce sous la transgression du Carbonifère supérieur, qui est lui-même peu dérangé et que recouvrent les couches permiennes et aussi, comme au Gartnerkofel près d'Hermagor, quelques lambeaux isolés de Trias à faciès méridional[1].

On pourrait dire que toute la chaîne s'abaisse vers l'Est et se relève vers l'Ouest à la manière d'un coin; et il est très remarquable que ce relèvement se produit tout près de l'endroit où le massif triasique de Lienz se relève vers l'Ouest, en ne laissant subsister d'autres restes que les « racines » de Bruneck et d'Inner-Villgratten.

Plus à l'Est, des environs de Mauthen, au centre du Gailthal, jusqu'au delà d'Hermagor, la modification suivante se produit : les bancs inférieurs, diabases et schistes verts, n'affleurent plus que sur le versant nord; mais tandis que la chaîne est plissée du Sud au Nord, ces terrains anciens, au pied de ce versant, sont verticaux ou s'inclinent vers le Nord, de sorte que l'ensemble forme une voûte déjetée vers le Nord, nettement séparée au Nord des micaschistes adjacents du Gailthal.

Plus à l'Est encore, une zone longue et étroite de schistes verts et de diabase apparaît au Nord de la bande de granitite, entre cette bande et le Trias alpin du Nord des Karawanken; on doit probablement la regarder comme représentant la partie inférieure de la série paléozoïque, et peut-être conviendrait-il même d'en rapprocher les schistes associés à des diabases qui, un peu plus au Nord, en plein domaine alpin, se montrent dans le Missthal[2].

Mais les gisements fossilifères typiques du Silurien et du Dévonien sont complètement séparés, à l'Est, de la limite méridionale des Alpes et de la zone tonalitique. Ils forment à l'intérieur des Dinarides une chaîne allongée, indépendante, qui est à peu près parallèle

1. Voir notamment G. Geyer, *Ueber die geologischen Verhältnisse im Pontafeler Abschnitt der Karnischen Alpen* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLVI, 1896, p. 127, 136 et suiv.), et *Ueber die geologischen Aufnahmen im Westabschnitt der Karnischen Alpen* (Verhandl., 1899, p. 90).

2. F. Teller, *Erläuterungen zur Geologischen Karte der östlichen Ausläufer der Karnischen und Julischen Alpen* (*Ostkarawanken und Steiner Alpen*). In-8°, Wien, K. k. Geol. Reichsanstalt, 1896, p. 46.

aux affleurements de tonalite, mais qui est isolée par les chaînons rocheux de la Koschuta [Košuta] et de l'Uschowa [Ovčeva], appartenant au Trias dinarique. Cette chaîne paléozoïque (Stegunek-Seeberg-Col de Wistra) est constituée par des plis normaux ou renversés vers le Nord et est entourée, exactement comme à l'Ouest, par le Carbonifère supérieur discordant. On la considère habituellement comme faisant partie des Karawanken orientales, mais ce nom sert à désigner, du Nord au Sud, d'abord une chaîne calcaire alpine (Obir, Petzen, etc.), puis la zone de granitite et de tonalite (Kappel, Schwarzenbach), un chaînon calcaire dinarique (Koschuta, Uschowa), enfin cette bande paléozoïque et sa ceinture de Carbonifère supérieur. C'est à F. Teller que revient le mérite d'avoir analysé la structure des Karawanken[1].

L'espace sur lequel on connaît avec certitude une chaîne paléozoïque plissée, antérieure au Carbonifère supérieur, s'étend de Sillian au Col de Wistra, sur près de 200 kilomètres. A l'exception des gisements douteux du Missthal, cette chaîne est située tout entière dans le domaine dinarique ou dans le domaine de la traînée éruptive qui s'allonge à la limite nord de celui-ci. Peut-être les schistes métamorphiques compris entre la tonalite et la granitite (au bas de la vallée sur la fig. 75) en font-ils également partie.

8. Transgression de la couverture dinarique. — Dans le Tsin-ling-Chan et dans les oasis du Kan-sou, comme dans tout le domaine des arcs varisques et armoricains, on observe une discordance des plus tranchées, qui a été attribuée tantôt au Carbonifère supérieur et tantôt au Permien. Dans l'arc de Yarkend, on a constaté au Tékélik-Tagh la discordance du Carbonifère supérieur, et plus au Sud, sur la rivière Goussass, la discordance a été placée à l'époque permienne, comme étant probablement synchronique de la discordance des « Productus Shales » qui caractérise une grande partie de l'Himalaya. L'occasion présente est favorable pour examiner de près en quoi consiste une discordance de ce genre.

Nous devons d'abord déterminer la succession des couches dans la série récente.

Nous admettrons avec Frech que l'étage du *Spirifer mosquensis*, par lequel débute la discordance dans les Asturies, n'a pas encore été rencontré à la base de cette série récente, pas plus qu'ailleurs dans les Alpes Carniques, et nous désignerons avec ce savant l'étage

1. F. Teller, *Die silurischen Ablagerungen der Ost-Karawanken* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1886, p. 267-280), et dans d'autres publications.

inférieur par la lettre *A* : ce sont les *couches de l'Auernigg* ou zone du *Spirifer supra-mosquensis*, correspondant à l'étage gshelien des géologues russes, et alternant avec des bancs qui renferment la flore d'Ottweiler (*Pecopteris arborescens*, etc.)[1]. A ces couches succède dans notre coupe le terme *B* : calcaire noir à *Schwagerina princeps*.

Le troisième étage est le calcaire à Fusulines, de teinte claire, souvent rosée, où Schellwien a découvert près de Neumarktl en Carniole une faune très riche, rappelant celle du Sosio en Sicile (*Agathiceras*, *Scacchinella*, etc.). Nous le désignerons, à l'exemple de Schellwien et de Geyer, par la lettre *C*, *couches du Trogkofel*[2]. Ce calcaire est suivi, ainsi que l'a montré à Geyer l'examen des superpositions, par un conglomérat bigarré à cailloux de quartz (*D*). C'est le *Verrucano*, dont la distribution est irrégulière[3]. Au-dessus du Verrucano, dont il conviendrait peut-être de ne le pas séparer, repose l'étage *E*, le *grès rouge de Gröden*, contenant souvent des cailloux de porphyre et des plantes permiennes (*Wulchia*), et au sommet du gypse. Ce grès est recouvert par le *calcaire à Bellerophon* (*F*); Stache en a le premier fait connaître la faune, qui est très étrange (*Nautilus crux*, *Spirifer vultur*, etc.); Diener y a découvert des Ammonites (*Paralecanites*), mais jusqu'à ce jour, un parallèle avec d'autres faunes est impossible à établir[4]. Cet étage est surmonté par les *schistes de Werfen* (*G*), qui appartiennent au terme scythien du Trias inférieur. Par-dessus vient l'épaisse série des formations mésozoïques marines, qui constituent la plus grande partie des Dinarides.

A. Les *Couches de l'Auernigg* s'appuient sur la surface arasée de la Chaîne Carnique, et les bancs à empreintes végétales qui y sont intercalés trahissent la proximité du rivage. Toutefois, Geyer a constaté que la superposition n'est pas absolument régulière : les dépôts ont dû parfois s'adosser aux terrains préexistants, car les assises supérieures de cet étage succèdent directement en certains points au calcaire dévonien, comme si les masses calcaires, grâce à

1. *Lethaea geognostica, I. Lethaea palaeozoica*. 2. Bd., 2. Lief. II. *Die Steinkohlenformation*, von Fritz Frech, in-8°, Stuttgart, 1899, p. 354-364.

2. E. Schellwien, *Bericht über die Ergebnisse einer Reise in die karnischen Alpen und die Karawanken* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Berlin, 1898, II, p. 693-700), et *Die Fauna der Trogkofelschichten in den Karnischen Alpen und den Karawanken, I. Die Brachiopoden* (Abhandl. k. k. Geol. Reichsanst., XVI, Heft I, 1900, p. 1-122, pl. I-XV).

3. G. Geyer, *Uggowitzer Breccie und Verrucano* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1899, p. 418-432.)

4. C. Diener, *Ueber ein Vorkommen von Ammoniten und Orthoceren im südtirolischen Bellerophonkalk* (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., CVI, 1897, Abth. I, p. 61-76, 1 pl.).

leur résistance, avaient dominé la surface primitive[1]. Près de Schwarzenbach, les couches de l'Auernigg atteignent la bande tonalitique, sans cependant empiéter nulle part sur le domaine alpin. Dans la direction de l'Est, elles continuent à affleurer sur une grande distance, au Sud de la Styrie, le long des alignements de la Save, en formant la base de la série dinarique, et Rolle a constaté depuis longtemps que le minerai de fer de Weitenstein renferme des fossiles carbonifères.

Dans le domaine périadriatique, l'occasion s'offre fréquemment d'observer la superposition de la série dinarique aux terrains plus anciens, mais on n'y rencontre nulle part de Carbonifère supérieur marin. Cette occasion se présente sous la tranche septentrionale des couches du Trias, de Klausen jusqu'au versant sud des quartzophyllades du Comelico et de Forni Avoltri, puis le long de la faille du Val Sugana et des percées qui accompagnent l'Adamello à l'Est et au Sud, et suivant leurs prolongements probables jusqu'à la Sesia. En outre, vers le milieu de la bordure méridionale de cette région, le soubassement est mis au jour dans une sorte de « fenêtre », à Recoaro et dans les Valli dei Signori. Ce mot a été mis en usage par les géologues suisses, et nous l'emploierons désormais pour les cas où l'érosion fait affleurer un élément tectonique inférieur, où la dénudation locale pénètre assez bas par conséquent pour entamer soit le plan d'une discordance, soit une surface de recouvrement. Les superpositions visibles sur les bords de cette « fenêtre » ont été, de la part de Tornquist, l'objet d'une monographie[2]. Enfin à l'Est, dans plusieurs localités, et surtout dans l'intervalle des puissants massifs calcaires de la Menina et des Steiner Alpen, au Nord-Est de Stein, grâce aux failles et à l'érosion, des roches schisteuses et gneissoïdes se montrent au jour. Teller a décrit la structure compliquée de ces affleurements[3].

Nulle part, dans ces nombreux gisements du pourtour de la région périadriatique, on n'a encore rencontré de traces du Carbonifère supérieur marin. Nulle part on n'y voit non plus la série paléozoïque inférieure de la Chaîne Carnique. Au Nord, dans les Alpes, on

1. Geyer, Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1898, p. 251, 252.

2. A. Tornquist, *Das vicentinische Triasgebirge*, in-8°, VIII-195 p., 14 pl., 2 cartes, Stuttgart, 1901; voir aussi A. Bittner, *Bericht über die geologischen Aufnahmen im Triasgebiete von Recoaro* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXXIII, 1883, p. 563-634, pl. V : coupes).

3. F. Teller, *Der geologische Bau der Rogac-Gruppe und des Nordgehänges der Menina bei Oberburg in Südsteiermark* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1892, p. 119-134).

trouve à la Stangalp et au Steinacher Joch (Brenner) des plantes terrestres qui, d'après Stur, sont d'âge carbonifère supérieur, mais en deçà de la limite dinarique, je ne connais rien de semblable à quelque distance de la Chaîne Carnique; le gisement d'Assling dans la Haute-Carniole appartient encore à son voisinage[1], et celui de Manno, près de Lugano, est plus ancien : les couches houillères y sont pincées dans un pli des phyllades[2].

C. Les *couches du Trogkofel :* calcaires blancs, fossilifères, dont l'épaisseur est d'environ 400 mètres au Trogkofel, manifestent au sommet de cette montagne, à un certain niveau, la tendance à passer à une brèche formée de blocs anguleux[3]. En s'éloignant, on voit souvent cette brèche remplacer seule les calcaires. Au début même de ces études, Stache en avait reconnu l'importance et fixé la position stratigraphique, et il l'avait appelée *Brèche d'Uggowitz*. Comme il n'y a souvent pas le moindre vestige de récifs en place, à une grande distance à la ronde, Teller n'hésite pas à parler d'une transformation des rochers calcaires en brèche[4].

La répartition de ces couches et de la brèche d'Uggowitz suit à peu près celle des couches de l'Auernigg. Elles pénètrent aussi vers l'Est dans le domaine des plis de la Save sans s'étendre davantage vers le Sud, mais la brèche va plus loin vers l'Ouest; elle a été découverte par Hoernes au voisinage de Sexten, dans le Tyrol, à une centaine de kilomètres à l'Ouest du récif le plus occidental, et les coupes que Geyer a données de cette localité sont fort instructives[5].

Au-dessus des quartzophyllades, qui représentent le côté sud-ouest de la bande du Comelico et en même temps l'étage inférieur de la Chaîne Carnique, il existe sur un point un calcaire noir qui correspond peut-être à l'étage *B*, et au Matzenboden on voit un prolongement lointain, d'ailleurs peu important, du porphyre quartzifère de Botzen, qui occupe le Nord-Ouest du domaine périadriatique. Le porphyre est recouvert par la brèche d'Uggowitz, réduite à 4 ou 6 mètres d'épaisseur, et à laquelle succèdent 150 à 200 mètres de

1. D. Stur, *Obercarbonische Pflanzenreste vom Bergbau Reichenberg bei Assling in Oberkrain* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1886, p. 383-385); Teller, Ibid., 1899, p. 399.

2. C. Schmidt, *Allgemeine Darstellung der geologischen Verhältnisse der Umgegend von Lugano* (Eclogae Geol. Helvetiæ, II, 1890, p. 6).

3. G. Geyer, Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLVI, 1896, p. 152.

4. Voir en particulier G. Stache, *Die Stellung der Uggowitzer Kalkbreccie innerhalb der im Gailthaler- und Karawanken-Gebirge vertretenen Aequivalente der Permformation* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1878, p. 310-313); Teller, Ibid., 1899, p. 410.

5. R. Hoernes, *in* E. Mojsisovics von Mojsvár, *Die Dolomit-Riffe von Südtirol und Venetien*, in-8°, Wien. 1879, carte, p. 297 et suiv.; G. Geyer, *Uggowitzer Breccie und Verrucano* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1899, p. 418-432).

Verrucano, 200 à 300 mètres de grès de Gröden, des gypses, des dolomies et des cargneules, et enfin le calcaire à *Bellerophon*.

Ce qui précède permet de fixer, avec plus de précision qu'on n'avait encore pu le faire, l'âge d'une partie au moins du porphyre; la coulée a probablement suivi une dépression; cette circonstance expliquerait en outre l'épaississement si marqué du Verrucano et du grès de Gröden; la faible puissance de la brèche, qui ne se sépare pas du Verrucano d'une façon bien nette, n'en paraît que plus singulière.

D. Verrucano et *E. Grès de Gröden*. Le Verrucano se présente dans un certain nombre de localités isolées, tandis que le grès de Gröden possède une distribution très étendue. On le voit sur le pourtour du massif porphyrique de Botzen et à son sommet (Ritten), dans le Val Sugana et autour de l'Adamello, de même qu'autour de la « fenêtre » de Recoaro. A l'intérieur de la chaîne paléozoïque, par exemple à l'Achomitzer Berg, il recouvre directement le Silurien inférieur. Il n'y a guère de points, dans toute la région, où la superposition presque générale du grès de Gröden ne soit visible, et au delà de la limite dinarique, dans les Alpes du Gailthal, cet étage forme également le substratum du Trias alpin. Vers l'Est seulement, c'est-à-dire dans le Sud de la Styrie, son importance diminue.

Mais le grès de Gröden n'est pas une formation marine. Les seuls restes organiques qu'on y ait rencontrés, à la base presque toujours, sont des plantes terrestres; et vers le haut s'intercalent fréquemment des argiles gypseuses et des gypses. Ces caractères rappellent ceux de la série du Gobi; ils répondent à une formation continentale, désertique, avec mares sans écoulement.

Le grand recouvrement par le grès de Gröden correspond à une époque de régression de la mer. Ce phénomène s'est produit au milieu de circonstances bien différentes de celles qui accompagnent les transgressions marines, ses relations avec le relief, notamment, étant tout autres.

F. Le *Calcaire à Bellerophon*. Lors du retour de la mer, les conditions ont complètement changé; aussi la distribution de cet étage est-elle différente de celle des formations marines antérieures. En particulier, il ne s'étend plus vers l'Est.

Le calcaire à Bellerophon ne pénètre pas dans les Alpes; Diener indique comme limites de son développement typique : à l'Ouest Gröden, au Nord le Pusterthal, Recoaro et le Val Sugana au Sud, et les environs de Tarvis à l'Est[1]. Je ne connais pas de localité où le

1. C. Diener, *Ueber ein Vorkommen von Ammoniten und Orthoceren im südtirol*

grès de Gröden manque et où en même temps le calcaire à Bellerophon existe. Sa distribution paraît plutôt indiquer une communication marine avec le Midi.

G. Entre la Menina et les Alpes de Stein et plus à l'Est, dans la direction des plis de la Save, la série des couches transgressives ne commence qu'avec les *schistes de Werfen*, comme dans la plus grande partie des Alpes du Nord-Est. —

En tête d'un résumé des résultats précédents, un fait général frappe. *La couverture dinarique peut débuter par un étage quelconque, des couches de l'Auernigg* (*Carbonifère supérieur*) *aux schistes de Werfen* [*Trias inférieur*]*; mais ensuite, jusqu'à une époque tardive, on n'aperçoit plus aucune discordance tectonique.* Des inégalités ont pu se produire, grâce aux épanchements de porphyre quartzifère, aux tufs de l'étage de Wengen et à d'autres circonstances, mais on ne constate au sein de cette série aucun mouvement orogénique général. Les lambeaux de Néocomien, à la Croda di Antruilles par exemple, sont descendus dans une fosse, mais ils surmontent en concordance leur soubassement normal, et ce parallélisme d'allure s'étend dans le « golfe » de l'Adige jusqu'aux couches de Schio.

Une conséquence évidente et très naturelle, c'est que *la transgression s'est produite sur une surface irrégulière.* De l'affleurement des quartzophyllades dans la « fenêtre » de Recoaro et de l'absence de la transgression du Carbonifère supérieur dans cette localité, Tornquist a conclu que, dès l'époque paléozoïque, les environs de Recoaro constituaient un massif relativement élevé par rapport aux régions septentrionales, massif qui s'étendait peut-être jusque sur l'aire adriatique. Nous ignorons quel est l'âge des phyllades de Recoaro. Mais on ne peut guère s'empêcher de croire que les couches épaisses du Silurien et du Dévonien, dont les restes se sont conservés dans la Chaîne Carnique, ont dû être enlevées de très bonne heure par l'érosion sur une étendue notable. Le porphyre et la brèche d'Uggowitz reposent directement sur les quartzophyllades du Comelico, et de l'autre côté de la vallée les mêmes quartzophyllades sont recouverts par le Silurien. On ne doit pas oublier non plus qu'à l'Ouest, près de Manno, le Carbonifère moyen à empreintes végétales est pincé en concordance dans un pli des micaschistes.

Il semble réellement que la surface ait présenté des irrégularités importantes et que la région septentrionale se soit trouvée à un niveau

ischen Bellerophonkalk (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., CVI, 1897, Abth. I, p. 73, Note 3).

inférieur. D'après l'état actuel des observations, on peut en effet constater la disposition suivante :

Tout d'abord, la mer du Carbonifère supérieur a dû, de l'Est, pénétrer entre le massif d'Agram et le Bacher et former un golfe allongé dans la partie septentrionale des Dinarides actuelles, entourant en partie la Chaîne Carnique et la recouvrant en partie : les pentes de cette chaîne étaient alors occupées par la flore d'Ottweiler, et les galets de quartz blanc des conglomérats du Carbonifère supérieur proviennent de ses quartzophyllades. Lors du dépôt des couches du Trogkofel, c'est-à-dire à l'époque de la faune des Scacchinelles, l'état des choses était sensiblement le même ; et si l'on doit admettre que la brèche d'Uggowitz, près de Sexten, en est le prolongement direct, il en résulte que le golfe se serait agrandi vers l'Ouest, et qu'une partie du porphyre quartzifère s'était déjà épanchée au dehors. Des conditions continentales surviennent alors, et la nappe des grès de Gröden et des gypses se forme comme sous-sol d'un désert. La mer du calcaire à Bellerophon arrive probablement du Sud, puis le dépôt de cet étage est suivi pendant un temps très long par un déplacement positif des rivages (à l'époque des couches de Raibl, par exemple), — déplacement sinon continu, du moins prépondérant, qui crée l'épaisse couverture concordante.

Ainsi, quoique la discordance puisse commencer à différents niveaux, de la zone du *Spirifer supramosquensis* jusqu'aux schistes de Werfen, on ne voit pas trace, pendant toute cette période, de modification tectonique sérieuse.

9. Mouvements récents. — Il résulte en même temps de la concordance des termes successifs de la couverture que les dislocations qui l'affectent doivent être récentes. De fait, ces dislocations ne remontent pas à une époque très reculée, mais leur âge est variable et le type en est également divers.

La première question qui se pose est celle de l'âge de la cicatrice tonalitique. Salomon, dans une pénétrante analyse, a essayé de montrer que l'intrusion s'est produite soit à l'époque crétacée, soit pendant la première partie de l'ère tertiaire, et plus tard il s'est prononcé en faveur de l'âge tertiaire, tandis que Lepsius ne croit pas fondée l'hypothèse d'un âge aussi récent[1]. A l'Adamello, une cri-

1. W. Salomon, *Ueber Alter*, etc., *der periadriatischen... Massen*, p. 36 ; et *Neue Beobachtungen aus den Gebieten des Adamello*, etc. (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Berlin, 1899, I, p. 35, 38) ; R. Lepsius, *Ueber die Zeit der Entstehung der Tonalit-Masse in Süd-Tirol* (Notizblatt der Ver. für Erdkunde und der Grossherzogl. geol. Landesanst. zu Darmstadt, IV. Folge, Heft 19, 1898, p. 50-55).

tique serrée des faits n'autorise qu'une conclusion, c'est que la tonalite est postérieure à une notable partie de la série triasique. Dans l'Est, on constate quelque chose de plus. Si, comme cela est probable, les roches porphyritiques de Prävali en Carinthie doivent être regardées comme contemporaines de la tonalite, l'intrusion, d'après Teller, ne peut pas s'être produite avant la fin de la période jurassique. Teller montre en outre que la chaîne calcaire alpine des Karawanken du Nord est coupée brusquement à l'Est, près de Windischgratz dans la Styrie méridionale, et que la Craie de Gosau s'adosse à cette

Fig. 76. — Contact de la ligne tonalitique avec le Bacher-Gebirge, d'après la Carte géologique générale de l'Autriche de F. von Hauer et la feuille *Prassberg* de la Carte géologique détaillée, par F. Teller.

Échelle de 1 : 900 000 environ.

cassure, à laquelle elle est évidemment postérieure. Cet accident, il est vrai, ne s'étend pas tout à fait jusqu'à la tonalite, et Teller n'en conclut rien de plus au point de vue de l'âge; mais la situation, à l'époque de la Craie de Gosau, paraît avoir été déjà très voisine de ce qu'elle est aujourd'hui[1]. Enfin l'andésite du Smrekouz vient s'appuyer directement sur la cicatrice, déjà complètement mise à nu lors de l'éruption. Cette andésite est postérieure à l'horizon de Castel Gomberto et antérieure aux lignites aquitaniens à *Anthracotherium magnum;* dans les tufs qui l'accompagnent on trouve des restes d'*Anenchelum*. Elle fait partie d'une longue traînée de pointements andésitiques, qui commence au contact même de la tonalite et recoupe

1. F. Teller, *Erläuterungen zur Geologischen Karte... SW-Gruppe Nr. 84, Prassberg a. d. Sann*, p. 154; voir aussi p. 68 et 146.

en biais, suivant la direction S.E., les plis de la Save (fig. 76).

L'âge variable des mouvements est mis en évidence par l'allure des couches tertiaires. Au milieu des montagnes calcaires de l'Est, on voit des ingressions qui présupposent des vallées; ordinairement, la série commence avec l'horizon de Castel Gomberto. Dans le ravin de Polschizza, au Nord-Ouest de Krainburg, j'ai rencontré par-dessous l'étage de Laverda. Mais plus à l'Est, dans les accidents des bords de la Save, les couches méditerranéennes n'en sont pas moins portées à une grande altitude et plissées, comme les couches de Schio dans le faisceau des plis de l'Adige.

Or, abstraction faite de ces lignes rayonnantes et de cassures transversales subordonnées, toute la région que nous considérons ici est dominée par deux mouvements.

Le premier est l'affaissement en gradins successifs vers l'Adriatique et la tendance au chevauchement qui se fait sentir dans la même direction. Au tableau de ce mouvement que nous avons déjà donné (I, p. 309), il y a lieu d'ajouter qu'il se manifeste également au Nord des failles de la Cima d'Asta, sur une plus grande échelle qu'on ne l'indiquait alors. En particulier, Salomon a constaté que tout le massif de la Marmolata est formé d'écailles poussées dans la direction du Sud[1].

Le second mouvement, complètement différent, s'observe au Nord, de Sexten et du Comelico jusque fort loin vers l'Est. Nous avons déjà vu que l'ancienne Chaîne Carnique est violemment plissée vers le Nord. On pourrait croire que cette direction des poussées s'est réveillée. Non seulement elle règne dans la région archéenne du Gailthal, mais elle pénètre plus au Nord, et le Trias alpin des Alpes du Gailthal présente partout, d'après Geyer, les indices d'un refoulement vers le Nord[2]. Même les prolongements orientaux de la tonalite du Rieser-Ferner dans le Defferegggen Thal sont renversés vers le N.[3]. Le prolongement de la Chaîne Carnique du côté de l'Est (Stegunek) est aussi renversé vers le N.; et, là encore, la poussée vers le Nord dépasse la limite dinarique. La tonalite a pris une structure gneissique et en plusieurs endroits, la série des couches dinariques est nettement poussée du S. au N. sur la tonalite. Au Nord de la tonalite, dans la vallée de Vellach, près de Kappel, tout le Trias alpin est renversé vers le N. Mais dans cette vallée, en

1. W. Salomon, *Geologische und palaeontologische Studien über die Marmolata* (Palaeontographica, XLII, 1895, 210 p., pl. I-VIII; carte, p. 71).

2. Geyer, Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XLVIII, 1897, p. 363, et ailleurs.

3. F. Teller, *Ueber porphyritische Eruptivgesteine aus den Tiroler Central-Alpen* (Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst., XXXVI, 1886, p. 736).

se dirigeant vers le Sud, on observe dans le Trias une sorte de « genou » : la partie supérieure est poussée vers le Nord et plonge au S. ; la partie inférieure est normale et plonge au N., de sorte qu'en un point, sur le versant oriental de la vallée, on voit les couches s'incliner au N. et sur le versant occidental s'incliner au S., comme si le chevauchement était venu d'en haut et n'avait affecté que les bancs supérieurs[1].

Ainsi, sur une distance de plus de 200 kilomètres, la bordure septentrionale du domaine périadriatique est caractérisée par un refoulement du Sud au Nord, en contraste absolu avec le refoulement du Nord au Sud qui règne ailleurs. Il faut supposer, je le répète, que cette anomalie se rattache en quelque manière au plissement de la Chaîne Carnique vers le Nord, plissement dont l'âge est intercarbonifère. Elle ne semble se manifester nulle part à une distance notable, au Sud, de ce massif ancien et de ses prolongements orientaux ; par contre, elle empiète sans doute assez loin vers le Nord, au delà de la bande tonalitique, jusque sur les parties adjacentes des Alpes.

On peut se demander comment se comportent l'un vis-à-vis de l'autre ces deux mouvements opposés, le mouvement périadriatique et dinarique, dirigé vers le Sud, et le mouvement carnique, dirigé vers le Nord. Il y aurait lieu de s'attendre à trouver un éventail ou quelque chose d'analogue. Or, l'état des choses est tout autre.

Près de Pontebba, sur le bord méridional de l'ancienne chaîne, on ne voit qu'un contact à peu près vertical entre le Carbonifère et le Trias (Zirkelspitzen, I, p. 343, fig. 60), et vers le Sud, au delà de la vallée, viennent les grands massifsca lcaires périadriatiques, déplacés dans la direction du Sud. Il paraît en être ainsi dans toute la moitié occidentale de cette région; mais les choses se passent autrement à l'Est. Pour décrire la structure qu'on y observe, menons une coupe N.-S. par le milieu de la carte des environs d'Eisenkappel, qu'a publiée Teller (fig. 74).

Au Nord, il y a du Trias alpin ; au Sud de ce Trias vient une zone étroite de schistes verts, puis la bande de granitite, puis des schistes modifiés au contact, et la tonalite affleure aussi un peu plus à l'Est ; en continuant vers le Sud, on trouve ensuite une bande étroite de Trias dinarique, puis le Silurien et le Dévonien de la bande ancienne

1. Ce « genou » a été décrit et figuré dans mon mémoire : *Ueber die Äquivalente des Rothliegenden in den Südalpen* (Sitzungsber k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., LVII, Abth., 1868, p. 276, pl. II, fig. 1) ; F. Teller a dépeint le contraste local des deux versants de la vallée dans *Erläuterungn zur Geologischen Karte... SW-Gruppe, Nr. 83, Eisenkappel und Kanker*, p. 77.

Stegunek-Seeberg, qui appartient à la Chaîne Carnique. *Toutes ces zones sont renversées vers le Nord.* Au massif ancien Stegunek-Seeberg est superposé, vers le Sud, le premier des grands pâtés calcaires du Midi. Ce sont les *Alpes de Stein.*

Elles forment, avec une altitude de 2 000 mètres environ, un rectangle de 15 à 17 kilomètres de côté : c'est un massif typique de Trias dinarique, limité dans tous les sens par des escarpements. Le grand lambeau de Trias qui occupe l'angle sud-ouest de la figure 74 en fait partie. *Le versant septentrional des Alpes de Stein, qui est fort large, a suivi le substratum silurien et montre les résultats du mouvement vers le Nord. Mais le versant méridional est renversé vers le Sud*, et le Trias y recouvre une série tertiaire dont la base renferme l'*Ostrea fimbrioides* [1].

Ce grand massif calcaire est donc refoulé au Nord vers le N., comme la Chaîne Carnique, et au Sud vers le S., comme le domaine périadriatique. Et néanmoins, il n'a été ni étiré, ni comprimé à la façon d'un éventail. *Il est impossible que ces mouvements aient été simultanés.* Les Alpes de Stein ont été déplacées comme une masse à peu près rigide, une première fois vers le Nord et une autre fois vers le Sud. Et ce qui prouve que cette interprétation est exacte, c'est que la limite nord du mouvement méridional n'est pas régulière, car à l'Ouest des Alpes de Stein, Teller a constaté plus au Nord des chevauchements dirigés vers le Sud [2].

Le mouvement méridional, périadriatique, doit être le plus récent, et il est très probable que le mouvement septentrional est même antérieur à la cassure transverse de Windischgratz, à laquelle s'adosse la Craie de Gosau. On pourrait encore imaginer que les deux mouvements se sont fait sentir alternativement.

Ces détails nous apprennent que la cicatrice tonalitique, qui coïncide avec la limite entre le faciès alpin et le faciès dinarique du Trias, indique sans doute de très importants mouvements orogéniques, mais que néanmoins elle n'a nullement arrêté la propagation des mouvements ultérieurs.

1. J'ai trouvé cette Huître dans les ravins qui dominent Sidrasch, au Nord d'Ulrichsberg; elle accompagne ordinairement le *Cerithium margaritaceum*. Pour le mouvement vers le Nord, voir F. Teller, *Erläuterungen zur Geologischen Karte... SW-Gruppe Nr. 83, Eisenkappel und Kanker*, p. 4, 110.

2. F. Teller, *Das Alter der Eisen- und Manganerz führenden Schichten im Stou- und Vigunšca-Gebiete* (Verhandl. k. k. Geol. Reichsanst., 1899, p. 396-418). Là, des couches aquitaniennes à empreintes végétales sont plissées avec le Carbonifère supérieur.

CHAPITRE IX

LE NORD DE L'EUROPE

1. La ligne de partage des eaux entre l'Aral et l'Irghiz. — 2. Rapports de l'Oural et du Caucase. — 3. Oufa. — 4. Faisceaux de plis entre Oufa et la Mer Glaciale. — 5. La plate-forme précambrienne. — 6. L'Est du bouclier baltique. — 7. Le Centre et l'Ouest du bouclier baltique. — 8. Russie méridionale. — 9. Résumé. — 10. Les lignes calédoniennes. — 11. Le chevauchement scandinave. — 12. Rapports entre la Scandinavie et l'Écosse. — 13. Conséquences.

Je me propose, dans ce chapitre, d'examiner si les lignes directrices de l'Europe septentrionale sont en continuité avec celles de l'Asie. La région à considérer comprend trois parties : l'Oural, la plate-forme russe et la zone de dislocation calédonienne-scandinave. Certaines de ces parties ont déjà été décrites; tel est le cas, notamment, pour l'Oural (I, p. 665); mais les recherches faites depuis lors ont modifié le tableau dans plusieurs de ses traits essentiels, et à cette époque, les relations de l'Oural avec l'ensemble de l'Eurasie n'avaient pas pu être discutées. Jusqu'à présent, il n'a guère encore été question du soubassement archéen de la plate-forme russe. Quant aux phénomènes tectoniques de la Scandinavie occidentale, des questions importantes ont dû être laissées ouvertes (II, p. 80), auxquelles il est maintenant possible de répondre d'une façon plus précise.

De ces trois parties, la seconde, la plate-forme archéenne, est la plus ancienne. A l'un de ses compartiments correspond le bouclier baltique, la « Fennoscandie » des géologues finlandais[1], et le glint qui en forme le pourtour montre que ses plis étaient déjà rasés à l'époque précambrienne, exactement comme nous l'avons constaté

[1. W. Ramsay, *Ueber die geologische Entwicklung der Halbinsel Kola in der Quartärzeit* (Fennia, XVI, n° 7, 1898, p. 3-4).]

loin à l'Est, sur les bords du Baïkal. Cette plate-forme primitive se décompose dans la Russie méridionale en fragments, dans l'intervalle desquels les accidents décrits par Karpinsky courent à l'W.N.W. (I, p. 611, fig. 89, *m m*); plus à l'Ouest, elle s'affaisse sous les Carpathes (I, p. 243), puis elle est masquée par des sédiments plus récents, et ses relations avec la bordure externe de l'arc varisque ne sont pas visibles. Mais la plate-forme est sans doute également antérieure à cette bordure, et elle s'enfonce au Nord-Ouest sous les ridements pré-dévoniens de la Scandinavie occidentale. La direction des plissements, sauf dans le tronçon calédonien de l'Écosse, converge de toutes parts vers cette antique plate-forme. On ignore d'ailleurs jusqu'où ladite plate-forme, qui est connue jusqu'à Bornholm, s'étend sous les atterrissements récents, du côté de la Belgique. En même temps, les terrains précambriens qui la constituent demeurent soustraits à l'influence des mouvements qui se sont fait sentir plus tard sur presque tout son pourtour.

Peu saillante au point de vue orographique, cette ancienne plate-forme occupe une partie de la surface de l'Europe plus étendue qu'aucun autre élément tectonique.

1. La ligne de partage des eaux entre l'Aral et l'Irghiz. — La belle carte du versant oriental de l'Oural par Karpinsky montre nettement que les plis et les terrains de l'Oural, après avoir tout à fait perdu, à la suite d'une érosion énergique, l'aspect d'une chaîne de montagnes, se prolongent très loin vers l'Est, dans les vallées fluviales, sous une mince couverture de dépôts, presque toujours tertiaires[1]. Cette discordance est visible de la Toura jusqu'au Tobol, et si l'on en rapproche les observations faites par Krasnopolsky le long de ce cours d'eau, on constate que les restes de l'Oural affleurent sur le bord des rivières presque jusqu'au confluent de l'Aïat et du Tobol, où ils sont masqués par les couches de l'Angara et le Sénonien[2].

Sous le 53e degré de latitude, on retrouve en effet les plissements de l'Oural entre 56°20′ et 63° de long. E., et *d'une manière générale, on ne leur connaît pas de limite du côté de l'Est.* Cette grande largeur coïncide en outre avec une divergence des directions, qui vont en s'écartant vers le Sud. A l'Ouest d'Orsk, Mouchkétov indique

1. A. Karpinsky, *Geologische Karte des Ostabhanges des Urals*, 3 feuilles in-folio, 1884.

2. A. Krasnopolsky, *Rapport préliminaire sur les recherches géologiques dans les régions montagneuses de la Sibérie Occidentale en 1893*, r. (Gornyi Journal, 1894, II, p. 53); et *Recherches géologiques dans le bassin du Tobol*, r. f. (Explor. géol. Ch. de fer de Sibérie, XX, 1899, 50 p., carte).

dans les terrains anciens la direction N.N.E.; pour les Mougodjars, la direction moyenne est N.-S. Dans le bassin du fleuve Oural, Stuckenberg signale de fréquentes déviations au N.N.W.[1]; sur le Tobol, en amont de l'Aïat, Krasnopolsky note la direction N.N.W. (355° à 305°); le calcaire cristallin de Troïtzk s'oriente N.W., d'après Melnikov[2]. Le fait est très frappant sur les cartes, et conduit à se demander une fois de plus s'il n'existerait pas une relation quelconque entre l'Oural et l'une des branches de la virgation du Tien-Chan.

Cette hypothèse n'est pas nouvelle. Déjà, au XVIIIe siècle, on indiquait les « Monts d'Alginsk » ou « d'Ayaginsk » comme jouant le rôle de chaînon intermédiaire entre l'Oural et les « Monts de Soongarie, qui viennent de l'Inde ». Mais les brèves observations de Bardanes, le seul voyageur qui était censé avoir vu ces montagnes, et l'indication de Georgi, qui les place entre les rivières Irghiz et Oulkaï-yak, montrent qu'il s'agit d'une erreur[3].

Récemment, Mouchkétov a montré qu'un pli de grande amplitude, analogue au Tarbagataï (I, p. 665), doit exister le long du faîte entre l'Aral et l'Irghiz. Karpinsky et Tschernyschew sont disposés à voir dans l'orientation au S. S. E. de certains chaînons de l'Oural, notamment l'Oui-Tach, à l'Est de l'Oural-Taou (54° 40 de lat. N.), un léger indice en ce sens[4].

Cherchons maintenant quelles sont les traces réellement constatées de cette jonction.

Au Sud, Borszczow a suivi la diorite des Mougodjars jusqu'à la rivière Tchagan (par 46° 30′ environ de lat. N., au Nord-Ouest de l'Aral)[5].

Au Sud-Est, Mouchkétov a parcouru tout l'espace qui s'étend jusqu'à la première saillie des rameaux du Tien-Chan. Une traînée

1. Au Sud de la feuille 139 de la Carte géologique de la Russie d'Europe; A. Stuckenberg, Bull. Comité Géol., XV, 1896, p. 249; XVII, 1898, p. 172, 175, etc.

2. M. P. Melnikov, *Excursion géologique sur les rivières Ouvelka et Ouïa, dans le cercle de Troïtz*, r. (Matériaux pour la Géol. de la Russie, XIII, 1889, p. 251-375).

3. J. P. Falk, *Beyträge zur Topographischen Kenntniss des Russischen Reichs*, in-4°, St. Petersburg, Kayserl. Akad. d. Wiss., I, 1785, p. 364 et 380.

4. A. Karpinsky et Th. Tchernycheff, *Carte géologique générale de la Russie d'Europe. Feuille 139. Description orographique*, r. f. (Mém. Comité Géol., III, n° 2, 1886, 113 p., 4 pl., 1 carte; voir notamment p. 72).

5. Tchagan, Tchegan ou Tchassan (voir *La Face de la Terre*, I, p. 666; *Observations géologiques de* N. Sévertsov *et* I. Borszczow *dans la partie occidentale de la Steppe des Kirghiz en 1857*, r. (Gornyi Journal, 1860, II, p. 300-318; notamment p. 310). Déjà, au Nord de la Mer Caspienne, on signale en plusieurs points, et en particulier sur l'Ouil, des traces de naphte; Nikitin, Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXIX, 1893, p. 630.

d'affleurements de syénite, de granite et de schistes anciens a été suivie dans la steppe qui s'étend au Sud d'Orsk jusqu'à la station de Karassaï (vers 49° de lat. N., au Nord-Ouest d'Irghiz). Là, ces traces de l'Oural disparaissent sous des dépôts crétacés à *Protocardium hillanum*, dont la limite à partir de la colline d'Aïgyr-Baïtal (au Nord du Lac d'Aral) passe aux environs d'Irghiz et de Djelavli, localité située au Sud-Ouest de cette ville. Le terrain crétacé, quand les dépôts tertiaires manquent, forme le sous-sol du désert qui s'étend vers le Syr-Daria.

Ce désert interrompt la continuité des observations. Au delà, à une quarantaine de kilomètres au Nord de Kazalinsk, le terrain crétacé reparaît. Il se montre dans la vallée du Syr-Daria entre Kazalinsk et Karamaktchi, ainsi que dans quelques collines situées au Nord du fleuve. Puis vient jusqu'à Pérovsk, au Nord du Syr-Daria, le grand marais de Bakaly-Kon, par delà lequel, à l'Est de Pérovsk, on se rapproche des Monts Daout-Khodja et Djitim-Tioubé, représentant les contreforts les plus septentrionaux du grand Kara-Taou et appartenant par conséquent au rameau qui se détache du Tien-Chan au Sud-Ouest d'Aoulié-Ata (pl. I)[1].

De ces faits résulte ce qui suit :

L'Oural actuel représente, dans sa partie méridionale, l'Ouest d'une aire de plissement très vaste, qui a été complètement rasée à l'Est, où elle est masquée par la plaine sibérienne. Ses plis se dirigent vers le Sud à travers les Monts Gouberlinskii et les Mougodjars, et s'enfoncent, en diminuant également d'altitude de ce côté, sous la steppe et le plateau d'Oust-Ourt, au Nord du 46° de lat. N. Certaines parties aujourd'hui presque nivelées des zones orientales se prolongent le long de la rivière Or, jusqu'à peu de distance au Nord-Ouest de la ville d'Irghiz. Dans la même direction, mais séparés par le terrain crétacé et le désert, surgissent au Sud-Est les contreforts du Kara-Taou. La ligne de jonction coïncide avec le faîte de partage entre l'Aral et l'Irghiz.

Il n'est donc pas impossible, comme le montrent les observations de Mouchkétov, qu'un des rameaux du Tien-Chan vienne s'introduire dans le faisceau divergeant vers le Sud des chaînons de l'Oural; le fait peut même être regardé comme probable, sans qu'il soit rigoureusement démontré dans les conditions actuelles.

1. Mouchkétov, *Le Turkestan*, r., I, p. 324, 327; Sévertzov dit que l'on ne voit sur l'Irghiz ni montagnes, ni collines, mais que la vallée présente des berges rocheuses (Bull. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, IV, 1862, p. 484). Voir aussi G. Romanowski, *Materialien zur Geologie von Turkestan*, I, in-4°, 1880, p. 45, 59, et Romanovsky et Mouchkétov, *Carte géologique du Turkestan Russe*, feuille I, 1885.

Quant aux relations possibles entre l'Oural et les plis de la Steppe des Kirghiz, plus éloignés encore, c'est un point sur lequel il est beaucoup plus difficile de se prononcer. Le rapport de Krasnopolsky sur les districts aurifères des montagnes situées au Sud de Kokchétaou montre que là, les terrains les plus anciens s'orientent avec une certaine constance N. 40°-60° E. : leur direction s'écarte donc de toutes celles que nous considérons ici[1].

Comme résultat définitif, un fait demeure acquis : c'est qu'au Nord du 53° de lat. N., l'Oural est inséparablement lié, sur une grande distance, au substratum profond de la plaine sibérienne, plissé dans la même direction.

2. Rapports de l'Oural et du Caucase. — L'apparente déviation du Kara Taou vers la ligne de partage entre l'Aral et l'Irghiz est en opposition frappante avec le contraste qui existe entre la direction de l'Oural méridional et celle du Caucase. Et cependant, le Kara-Taou doit être regardé aussi bien que le Caucase comme un rayon émanant du Tien-Chan. Ce contraste est encore accentué par la présence d'accidents récents, dirigés du N. au S., dans l'espace compris entre l'Oural et le Caucase.

Loin au Sud-Ouest, il y a d'abord à signaler le pli des collines *Erghéni*, dont nous devons également une description détaillée à Mouchkétov[2].

On peut placer leur origine au coude de la Volga à Tsarytzin. A partir de ce point, un pli anticlinal orienté à peu près N.-S. se poursuit sur environ 2 degrés et demi de latitude, mais en même temps tourne légèrement au S.E., de sorte que le Manytch est atteint à la colline Tchalon Khamour (44° 50′ de long. E.) avec la direction *hora* 3. En outre, on voit apparaître à l'Ouest plusieurs autres plis subordonnés qui divergent vers le Sud. Dans l'axe de la voûte affleure une argile foncée, appartenant probablement au Tertiaire

1. A. Krasnopolsky, *Recherches géologiques dans les provinces d'Akmolinsk et de Sémipalatinsk*, r. f. (Explor. géol. Chemin de fer de Sibérie, XXI, 1900, 317 p., 3 cartes géol.; en particulier p. 103 et suiv.). Ce mémoire important ne m'est parvenu que pendant l'impression du présent ouvrage. Au sujet du coude de l'Ichim, voir ci-dessus, p. 207. Je ne connais pas les relations précises des reliefs qui figurent sur la carte générale du Turkestan de Mouchkétov au Nord de 48° de lat. N., au Nord du Sary-Sou; d'après d'anciennes indications, l'Oulou-Tagh doit être formé de granite et renfermer des minerais de plomb; G. de Meyendorff, *Voyage d'Orenbourg à Boukhara, fait en 1820* in-8°, Paris, 1826, p. 93.

2. I. Muschketow, *Allgemeine Geologische Karte von Russland. Blätter 95 und 96. Geologische Untersuchungen in der Kalmücken-Steppe in den Jahren 1884-1885*, r. a. (Mém. Comité Géol., XIV, n° 1, 1895, 202 p., 2 cartes).

inférieur. Les couches sarmatiques, du moins au Sud, participent au plissement, qui toutefois est antérieur aux sédiments aralo-caspiens. Le plissement a dû agir de l'Est à l'Ouest. La ligne de l'Erghéni a formé jadis, sur la plus grande partie de l'espace compris entre le Manytch et l'emplacement actuel de Tsarytzin, la rive occidentale de la Caspienne élargie.

La ride de l'Erghéni est suivie vers l'Est par un long chapelet de lacs, qui commence aux lacs Sarpa, près de la Volga; la direction de cette traînée est d'abord S.S.E., puis S.E., et elle va se perdre dans la dépression comprise entre Astrakhan et la basse Kouma.

Une nouvelle voûte se montre sur la Volga en aval de Tsarytzin près de *Kammenii Iar* (la « Rive Pierreuse »). Là, les argiles, probablement tertiaires inférieures, forment un large anticlinal dont la tête est arasée; cet accident se dirige d'abord vers le Sud, puis tourne, exactement comme l'Erghéni, au S.S.E.

Un peu plus en aval encore, près de *Tchernii Iar* (la « Rive Noire ») sur la Volga, ces argiles anciennes affleurent et indiquent une jonction avec les pointements de couches mésozoïques qui caractérisent les parties de la Steppe situées plus à l'Est.

Les difficultés qui s'opposent à un raccordement certain de ces affleurements plus ou moins isolés ont déjà été mises en lumière (III, p. 392, note 2). Au *Grand Bogdo*, qui se dresse à 171 mètres au-dessus du lac Bass-Kountchak, situé dans le voisinage, on voit du Trias inférieur et du Jurassique supérieur (ou du Crétacé inférieur). Au N.N.E., le Petit Bogdo présente des terrains analogues. Plus à l'Est, la colline de Tchaptchatchi est formée de gypses enveloppant un noyau de sel gemme.

Plus à l'Est encore s'élève la chaîne de Bich-Tchokho ou des « Cinq Collines ». Trois rangées de hauteurs, longues de quelques verstes, forment cette chaîne. La rangée médiane, s'élevant jusqu'à 60 mètres, coïncide avec l'axe d'un anticlinal orienté N.E. de marnes grises qui rappellent un peu les roches mésozoïques inférieures du Bogdo; les deux autres rangées correspondent aux retombées de la voûte, et sont constituées par des gypses [1].

Tous ces plis, de l'Erghéni jusqu'au Bich-Tchokho, qu'ils constituent ou non un même ensemble, sont antérieurs aux sédiments aralo-caspiens, qui s'y adossent horizontalement ou les recouvrent. Par contre, les couches sarmatiques participent au plissement dans

1. J. Muschketow, *Allgemeine Geologische Karte von Russland. Blatt 114. Geologische Untersuchungen in der Kirgisen-Steppe im Jahre 1894*, r. a. (Mém. Comité Géol., XIV, n° 5, 1896, 27 p., 1 carte); voir p. 21 une comparaison avec l'Erghéni.

le Sud de l'Erghéni. Rappelons que l'étage sarmatique s'appuie horizontalement, en discordance, sur les plis de Manghychlak, à l'Est de la Mer Caspienne, tandis que dans le Caucase il a lui-même pris part à des mouvements très violents.

L'extrémité méridionale de l'Erghéni paraît d'ailleurs s'infléchir vers le Sud-Est, mais il est difficile de dire comment peuvent se comporter lorsqu'ils se rencontrent les derniers plis ouraliens et caucasiens, et s'ils arrivent réellement à se croiser.

M. Karpinsky a rattaché à ces mouvements récents un attrayant problème. Ce savant a montré que les mers européennes (abstraction faite des mers paléozoïques) atteignaient le domaine actuel de l'Océan Polaire tantôt par le versant occidental de l'Oural (Jurassique moyen, étage volgien, Néocomien), tantôt, d'une façon continue, par le versant oriental (Tertiaire inférieur, et peut-être déjà Crétacé supérieur), et qu'enfin, pendant l'époque glaciaire, la jonction par le versant occidental avait été presque rétablie. De là cette conjecture, que la formation des longs bassins parallèles tantôt à l'Oural et tantôt au Caucase, qui a dû accompagner la surrection de ces deux chaînes, aurait donné naissance à ces communications, tantôt par l'Ouest et tantôt par l'Est [1].

Cette hypothèse nous met en présence d'une foule de questions non résolues, mais c'est précisément pour cela qu'elle est du nombre de celles dont les conséquences promettent de devoir être fécondes. Tout d'abord, il faut remarquer que Karpinsky insiste sur l'origine non marine d'une grande partie du terrain permien.

M. Th. Fuchs m'a signalé la description que Stirling a donnée des squelettes de grands Mammifères aplacentaires qu'on rencontre recouverts d'incrustations dans les déserts d'Australie. C'est la répétition des squelettes incrustés de Sauriens qu'Amalitzky a découverts dans l'étage à *Glossopteris* du bassin de la Dvina [2]. Ainsi se confirme en même temps l'idée que, pour ce groupe de dépôts, les transgres-

1. A. Karpinsky, *Aperçu des conditions physico-géographiques de la Russie d'Europe pendant les périodes géologiques*, r.; lecture faite à la séance publique solennelle de l'Académie Impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg, le 9 Décembre 1886 (Supplément au t. IV des Mém. Russes de l'Acad., n° 8); trad. allem., *Uebersicht der physiko-geographischen Verhältnisse des europäischen Russland während der verflossenen geologischen Perioden* (Beitr. z. Kenntn. d. Russ. Reiches, 3. Folge, 1887,; et surtout *Sur le caractère général des mouvements de l'écorce terrestre dans la Russie d'Europe*, r. (Bull. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, 5° sér., I, 1894, p. 1-19, cartes) [et *Annales de Géogr.*, V, 1895-96, p. 179-192].

2. E. C. Stirling, *The Physical Features of Lake Callabonna* (Mem. Royal Soc. South Australia, 1900, I, pt. 2, p. I-XV, pl. A); V. Amalitzky, *Sur les fouilles de restes de Vertébrés dans les dépôts permiens du Nord de la Russie* (Travaux Soc. des Naturalistes St-Pétersbourg, Procès-verb., Avril-mai 1900, p. 177-198).

sions se produisent dans des conditions absolument différentes. Si l'on veut risquer une nouvelle comparaison entre l'étroit domaine périadriatique et la vaste Russie, on constate aussitôt qu'une simplicité bien plus grande règne dans les Dinarides, où les formations désertiques ont été suivies par une longue série concordante et ininterrompue de dépôts marins.

Or les lacunes de la série russe ne sont pas limitées à la Russie, et les transgressions qu'on peut noter en ce pays se retrouvent presque sans exception dans de lointaines parties du monde. Mais pendant les phases négatives, — ou plus exactement, jusqu'au moment où le rivage, sur un point donné, se retrouve à une distance donnée du centre de la Terre, — la forme de la surface du sol émergé change, et cela : *a*) sous l'influence d'événements tectoniques, laquelle se fait sentir également au delà des plages; et *b*) sous l'influence de l'érosion, et en particulier grâce au creusement des grandes vallées fluviales et à l'action du vent; ces modifications demeurent restreintes aux continents. Les facteurs réunis sous la lettre *b* sont d'ailleurs étroitement liés au groupe *a*, mais ils accomplissent leur tâche, même en l'absence de tout accident tectonique.

Chaque transgression nouvelle trouvera donc, pour autant que le flot ne dégrade pas lui-même la terre ferme, un relief modifié. Les limites seront influencées par *a* et *b*, ou seulement par *b*. Il peut aussi se produire, lors d'une nouvelle transgression, mainte jonction marine qui n'existait pas aux époques antérieures, ou au contraire les événements tectoniques peuvent supprimer les communications anciennes.

La distinction du rôle qui revient à *a* et à *b* est un problème dont les données changent dans chaque cas particulier, et qui exige pour être résolu la connaissance la plus détaillée des conditions locales. Un grand nombre de faits paraissent indiquer que le bord occidental de l'Oural a réellement servi de rivage pendant la partie moyenne de la période jurassique ; une longue baie l'aurait longé, rattachant la transgression des régions arctiques, par le Darvaz et l'Afghanistan, à la mer qui, en tant de points du pourtour de l'Océan Indien, a laissé les traces d'un niveau plus élevé de la ligne des rivages. La transgression elle-même est un phénomène général, d'un autre ordre, et qui en somme ne dépend pas de l'existence de cette communication ; la submersion de la partie de la Russie que nous considérons peut avoir été déterminée par *a* et par *b*.

3. Oufa. — En avant de la bordure occidentale de l'Oural, à par-

tir de 55° 15′ de lat. N., s'étend dans la direction du Nord un territoire auquel V. de Möller a donné le nom de *Plateau d'Oufa*, et dont la profonde influence sur la structure de l'Oural n'a cessé depuis de devenir plus manifeste [1].

Au Sud, il se présente comme une voûte ayant 90 verstes de largeur et environ 360 mètres d'altitude, au sommet de laquelle l'érosion a mis à jour, sous l'étage d'Artinsk, le Carbonifère supérieur. Vers l'Est, c'est-à-dire du côté de l'Oural, il y a un brusque escarpement, tandis que vers l'Ouest la pente est douce. La longueur de cet accident est de 200 verstes, mais vers le Nord, la largeur du plateau se réduit à 7 verstes.

Les plis de l'Oural sont déjetés de l'Est à l'Ouest et butent contre le plateau d'Oufa. Cet arrêt est si marqué que, sur près de trois degrés de latitude, le pied occidental de la chaîne reste pour ainsi dire en arrière, tandis que les faisceaux de plis se pressent plus étroitement. Par exception, dans cette partie, ce ne sont pas seulement les premiers chaînons de quartzite dévonien, mais aussi, plus à l'Est, les crêtes cristallines de l'Oural-Taou qui deviennent concaves vers l'Ouest. Mais au Sud, quand le plateau d'Oufa s'arrête brusque ment, coupé à angle droit sur toute sa largeur, la belle carte de Karpinsky et Tschernyschew montre comment les plis de l'Oural, déviés presque d'un quadrant et s'avançant vers l'Ouest, viennent se mouler sur le bord méridional du plateau pour reprendre ensuite une direction très voisine de celle du méridien (fig. 77). Seuls, les faisceaux de plis situés tout à fait à l'Est, par delà l'Oural-Taou, continuent à s'aligner du N. au S. [2].

Parmi ces chaînons ouraliens déviés à l'W., sur le bord méridional du plateau, qui indiquent la disparition de l'obstacle, le plus important est le Kara-Taou (fig. 78). Ces chaînons tournent vers le plateau de hauts escarpements de grès dévonien. Or les couches carbonifères supérieures et artinskiennes qui forment le plateau participent aussi au plissement, dans une autre partie de l'Oural, il est vrai. Il n'est donc pas possible que le Kara-Taou soit un rivage de l'époque carbonifère supérieure ou de l'époque d'Artinsk, mais le

1. Val. de Möller, *Lettre* reprod. Neues Jahrb. f. Min., 1870, p. 648-650; dans cette lettre, l'auteur compare déjà le plateau d'Oufa aux Monts Timan; voir aussi sa note : *Sur la question du plateau d'Oufa* (Bull. Comité Géol., V, 1886, p. 235-237).

2. A. Karpinsky und Th. Tchernycheff, *Carte géologique générale de la Russie d'Europe. Feuille 139. Description orographique*, r. f. (Mém. Comité Géol., III, n° 2, 1886), et Th. Tschernyschew, *Allgemeine Geologische Karte von Russland. Blatt 139, Beschreibung des Central-Urals und des Westabhanges*, r. a. (Ibid., III, n° 4, 1889, VIII-293 p., 7 pl.). Voir aussi A. Karpinsky, *Geologische Karte des Ostabhanges des Urals*, 3 feuilles in-folio, 1884.

plateau se comporte comme un fragment masqué de l'avant-pays, contre lequel vient se heurter le bord externe de l'Oural ou même que ce bord franchit en se renversant[1].

On ne peut guère en douter, cet obstacle local important qu'a

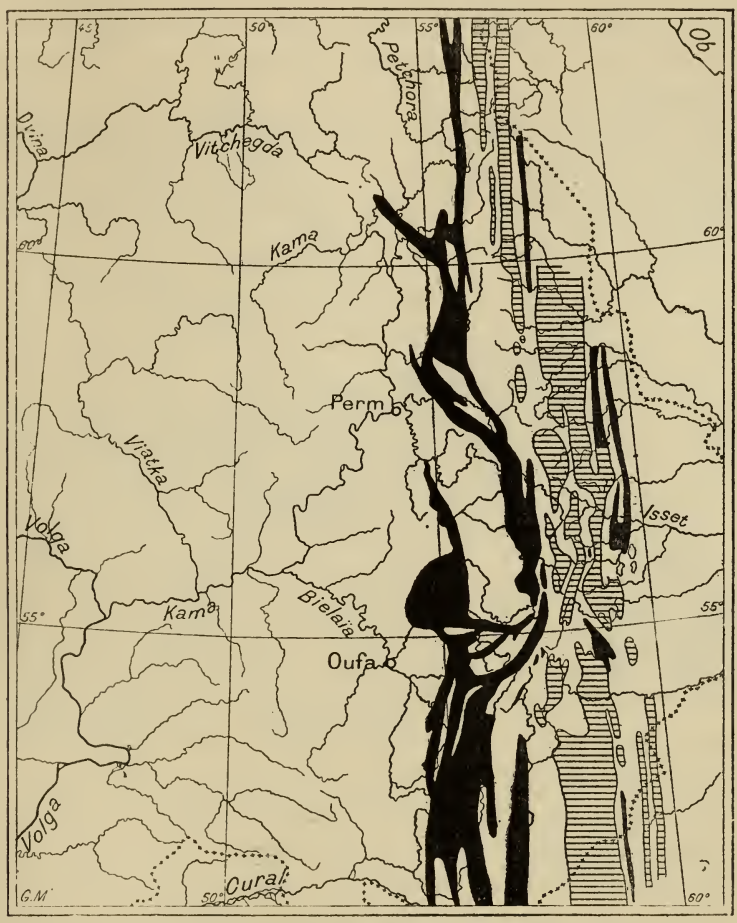


Fig. 77. — Carte schématique de la partie moyenne de l'Oural, d'après A. Karpinsky (Annales de Géogr., V, 1895-96, p. 188, fig. 18).

Les hachures représentent les granites et les gneiss ; le noir plein figure le Dévonien inférieur et le Carbonifère ; les autres terrains ont été laissés en blanc. — Échelle de 1 : 12 000 000. Long. E. Paris.

rencontré le plissement a eu sa part d'influence sur l'écartement progressif des contreforts méridionaux de l'Oural dont nous avons déjà parlé. La zone dévonienne de l'Oural contourne le plateau

1. Th. Tschernyschew, Coupe passant par le Kara-Taou, dans le *Guide des Excursions du VIIe Congrès Géologique International*, 1897, III, p. 9 (reprod. ci-contre, fig. 78); et

d'Oufa, s'avance vers l'W. et atteint le fleuve Oural à l'Ouest d'Orsk ; la longue arête cristalline de l'Oural-Taou s'y rattache à l'Est, en affectant comme on l'a vu, sous la latitude du plateau, une allure concave vers l'Ouest, puis atteint, également dirigée N.-S., le fleuve Oural ; à l'Est se succèdent alors d'autres zones méridiennes très continues, tantôt formées de diabase, de porphyre et de tufs, et tantôt caractérisées par des chaînes granitiques ou des sédiments paléozoïques.

Vers l'Est, ces zones sont complètement rasées, et nulle part, aussi bien au delà de Verkhotourié ou vers Chadrinsk que sur le Tobol, on n'aperçoit de limite orientale. De cette façon, l'Oural

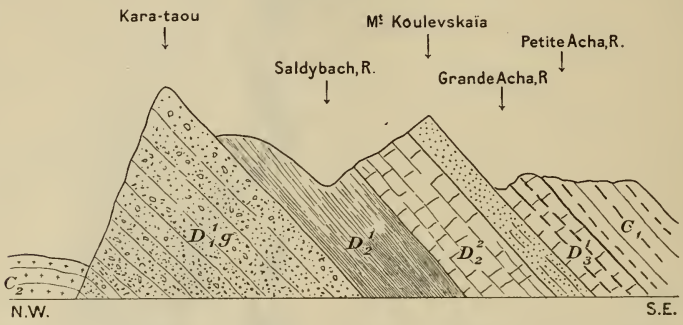


Fig. 78. — Coupe du Kara-Taou (Oural), d'après Th. Tschernyschew (*Guide VIIe Congrès Géologique International*, 1897, III, p. 9).

$D_1^1 g$ Dévonien inférieur (grès quartzeux) ; D_2^1. Dévonien moyen (grés schistes, marnes rubannées) ; D_2^2. Dévonien moyen (calcaires et dolomies) ; D_3^1. Dévonien supérieur (calcaires et marnes) ; C_1 Calcaire carbonifère inférieur à *Productus giganteus* ; C_2 Calcaire à *Spirifer mosqueusis*.

s'écarte au Sud du plateau d'Oufa jusque vers les régions où nous avons cherché en vain ses traces, sur la ligne de partage entre l'Aral et l'Irghiz, et où nous avons vu les Mougodjars disparaître en s'affaissant sous l'Oust-Ourt.

Il est difficile de dire d'une façon positive jusqu'où l'influence de cet obstacle s'est fait sentir par devant, c'est-à-dire vers l'Ouest. Pavlow a supposé que la déviation du Kara-Taou au Sud du plateau d'Oufa se traduit encore, à une grande distance à l'W.S.W., par la dislocation si remarquable qu'on voit près de *Stavropol*. Là, les Monts *Gégouli* déterminent le coude brusque de la Volga (fig. 79). Ils sont coupés au Nord par une faille courant à l'W.S.W. Cet accident se suit sur environ 140 verstes ; à l'E.N.E., sa jonction avec les plis qui

Allgemeine Geologische Karte von Russland. Blatt 139. Beschreibung des Central-Urals, p. 379. Le chevauchement de l'avant-pays fait disparaître la nécessité d'admettre que le plissement a pris fin plus tôt dans le Kara-Taou que dans les chaînes voisines, orientées N.E.

s'avancent au Sud du plateau d'Oufa passerait par Bougoulma. La dislocation est postérieure à l'Éocène[1].

Peut-être pourrait-on aller encore plus loin dans ces hypothèses, et grouper les Gégouli avec l'Erghéni et les autres accidents de la Basse Volga, ce qui donnerait un réseau analogue à celui du Vakhch, par exemple. Les plis récents de la basse Volga rappelleraient alors

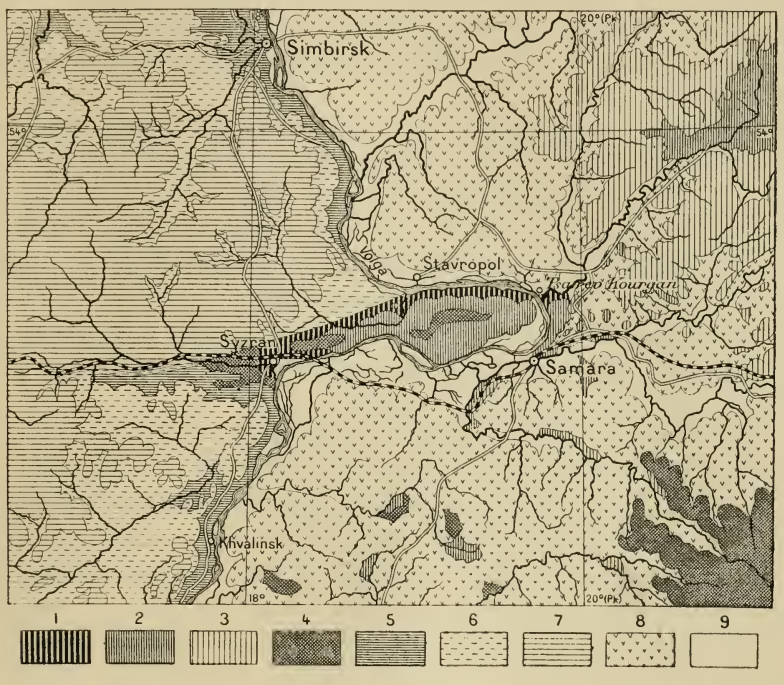


Fig. 79. — L'accident des Grégouli, d'après la *Carte géologique de la Russie d'Europe*, feuille IV, 1892.

1. Carbonifère supérieur; 2. Permien; 3. Marnes et grès bigarrés; 4. Jurassique supérieur et dépôts volgiens; 5. Crétacé inférieur; 6. Crétacé supérieur; 7. Éocène; 8. Dépôts de la transgression marine caspienne; 9. Alluvions. — Échelle de 1 : 3000000.

les accidents de Kélif ou de Khodjent, la position d'Oufa correspondrait à l'angle rentrant du Karch ou de l'Aryss, et on verrait se dessiner entre l'Oural et le Caucase un système de lignes intermédiaires analogue à celui de la Bokharie et du Ferghana. Nous nous contenterons ici de faire ressortir deux conséquences : c'est que,

1. A. Pavlow, *La presqu'île de Samara et les Gegoulis*, r. f. (Mém. Comité Géol., II, n° 5, 1887, 63 p., 2 pl., 1 carte); pour la ligne de jonction hypothétique, voir p. 55 et suiv. [Voir aussi A. W. Pavlow, *Quelques observations nouvelles sur les phénomènes tectoniques dans la région de la Medvéditza et de la base Volga*, f. (Bull. Soc. Imp. des Naturalistes de Moscou, Année 1901, n° 1-2, p. 230-231)].

cette fois encore, les dislocations les plus éloignées du point d'arrêt, les extrémités libres, si l'on veut (Erghéni), sont les plus récentes; et en second lieu, que l'obstacle d'Oufa a eu pour effet d'accentuer le contraste existant entre la direction de l'Oural et celle du Caucase.

4. Faisceaux de plis entre Oufa et la Mer Glaciale. — Möller a comparé le plateau d'Oufa aux Monts Timan; Tschernyschew a insisté sur sa faible importance orographique; Stuckenberg, en ce qui concerne seulement les conditions tectoniques, se rapproche des vues de Möller[1].

Au Nord de ce plateau s'avancent les plis du versant occidental de l'Oural, dirigés N.W. ou N.N.W.; en juxtaposant la carte des environs de Perm-Solikamsk, par Krasnopolsky, et celle que Krotov a donnée de la partie du bord occidental des montagnes s'étendant jusqu'au 61° de lat. N., on voit que de ce côté plusieurs rameaux de roches cristallines se détachent à angle aigu, l'un derrière l'autre, sous la forme de coulisses (fig. 80). Il se produit par conséquent une véritable décomposition ou comme un démembrement de la chaîne[2].

Deux de ces coulisses sont particulièrement frappantes. La première s'amorce dans les schistes cristallins, entre 58° 30′ et 59°, au chaînon montagneux élevé du *Basségi*, qui s'infléchit légèrement à l'Ouest et qu'une longue bande dévonienne sépare, au Nord du 59°, de l'axe ou plutôt du bord ouest de la coulisse suivante; après avoir repris une direction exactement méridienne, elle se termine, par 59° 40′ environ, sous la forme d'un long éperon de schistes cristallins. La seconde coulisse a pour extrémité la haute crête du *Kvarkouch*, par 60° 25′; elle est également bordée à l'Est par une intercalation dévonienne.

Il résulte de la description donnée par Krotov que, dans les ré-

1. A. Stuckenberg, *Allgemeine Geologische Korte von Russland. Blatt 127*, r. a. (Mém. Comité Géol., XVI, n° 1, 1898, p. 5 et 306); A. Philippson a figuré dans un croquis schématique les relations avec l'Oural, Sitzungsber. Niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde, Bonn, 1898.

2. A. Krasnopolsky, *Allgemeine Geologische Karte von Russland. Blatt 126, Perm-Solikamsk*, r. a. f. (Mém. Comité Géol. XI, n°s 1-2, 1889-91, XIV-522-30 p., 2 pl.); P. Krotow, *Geologische Forschungen am westlichen Ural-Abhange in den Gebieten von Tscherdyn und Ssolikamsk*, r, a. (Ibid., VI, n°s 1-2, 1888, 563 p., 2 pl., 1 carte). Sur la figure schématique des dislocations de l'Oural que M. Karpinsky a donnée dans le Bulletin de l'Académie des Sciences de St-Pétersbourg (Ve Sér., I, 1894, n° 1, p. 13), on reconnaît nettement la présence d'éperons qui font saillie vers le N.W. [Voir aussi L. Duparc, *Deux mois d'exploration dans l'Oural* (*Rastesskaya Datcha*). Le Globe, 5e sér., XII, Genève, 1902, Mémoires; et *Sur la géologie du bassin supérieur de la Koswa* (Archives des Sc. phys. et nat., 4e période, XIII, 1902, p. 300-303).]

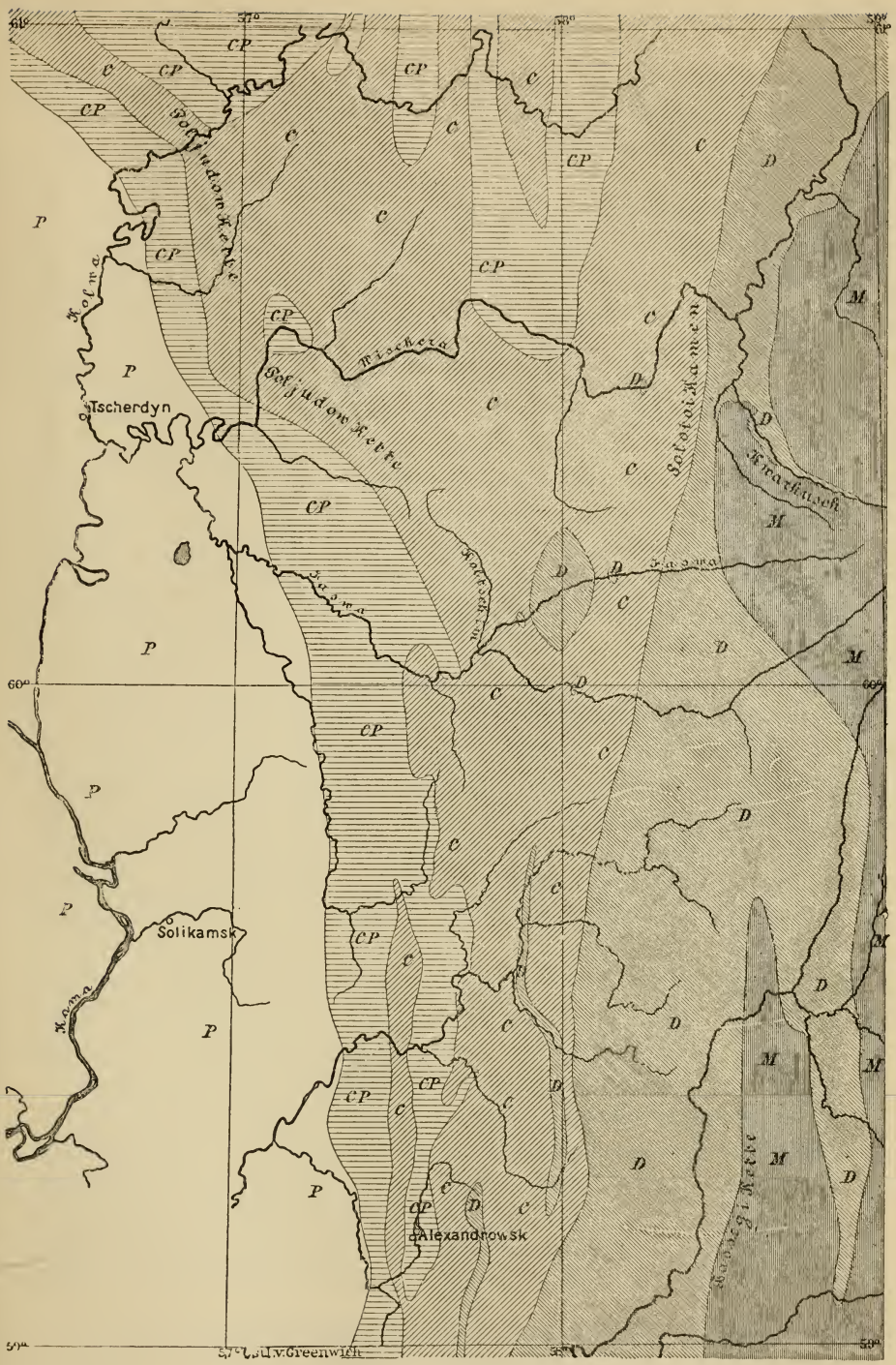


Fig. 80. — Basségi, Kvarkouch et Chaîne Polioudov, d'après Krotov et Krasnopolsky. *M*, Schistes métamorphiques ; *D*, Dévonien ; *C*, Carbonifère ; *CP*, Permo-Carbonifère ; *P*, Permien. Échelle de 1 : 1 200 000.

gions dévoniennes et carbonifères adjacentes, des dispositions analogues ne font pas défaut. Et l'on constate en particulier que *la chaîne Polioudov, qui représente le début des Monts Timan, n'est de même qu'une coulisse divergente* (I, p. 670).

Peut-être le long anticlinal dévonien qui commence à l'Est d'Alexandrovsk correspond-il à cette coulisse. Krotov note le parallélisme du Kvarkouch et du Polioudov ; au Nord de la Iassva, ce dernier chaînon se détache de la crête du Solotoï Kamen, subit en s'abaissant une courte interruption, puis devient tout à fait indépendant et prend plus au Nord-Ouest le nom de *Monts Timan* (fig. 81).

La connaissance de cette chaîne de hauteurs ou plutôt de ce groupe de chaînes parallèles a réalisé, grâce à Tschernyschew, de sérieux progrès. Il résulte en premier lieu des recherches de ce savant qu'au Nord des Monts Timan, sur la Soula, il ne se produit pas, comme les observations antérieures l'avaient fait supposer (I, p. 671), un raccordement avec la chaîne qui occupe la presqu'île de Kanin, mais que celle-ci représente le prolongement immédiat, en direction, des Monts Timan[1].

Il y a d'ailleurs, ici, une distinction à faire :

Tschernyschew montre que les Monts Timan consistent en une série d'anticlinaux et de synclinaux parallèles, qui ressortent dans l'orographie avec une grande netteté, mais que, néanmoins, il existe au sein de ces plis des discordances. Le terrain le plus ancien est formé de schistes à séricite. Au voisinage de la mer, ces schistes sont recouverts en discordance par le Silurien supérieur, et un peu plus au Sud commence à se montrer le Dévonien supérieur transgressif, qui constitue en général les parties les plus saillantes des Monts Timan, notamment l'anticlinal de la haute Soula. Au Dévonien supérieur sont associées des roches éruptives. Ensuite vient le Carbonifère, et le Permien participe même encore au plissement.

Depuis qu'a paru (1891) le journal du voyage fait avec tant de succès par Grewingk, dès 1848, dans la presqu'île de Kanin, on sait que les schistes à séricite des Monts Timan se prolongent par deux petites îles qui séparent presque la Baie Tchesskaïa de la Mer Glaciale, dans la direction du Cap Mikloukin, et qu'ils forment effectivement dans la presqu'île de Kanin une chaîne de hauteurs alignée au N.W., du Cap Mikloukin au Kanin Nos, comme Keyserling l'a très

1. Th. Tschernyschew, *Travaux géologiques exécutés au Timane en 1889*, r. f. (Bull. Comité Géol., IX, 1890, p. 41-84, carte) ; et *Travaux géologiques exécutés au Timane en 1890*, r. f. (Ibid., X, 1891, p. 95-147, carte). [Voir aussi la *Carte géologique de la Chaîne du Timan* dressée par Th. Tschernyschew d'après les travaux des membres de l'expédition de 1889-90 et de L. J. Loutougouin, N. N. Yakovlew et V. N. Weber. 1 : 420 000.]

exactement figuré autrefois dans sa carte du bassin de la Petchora[1].

Le Nord des Monts Timan est masqué en grande partie par les dépôts de la dernière transgression circumpolaire de la Mer Glaciale. La presqu'île de Kanin supporte également une vaste nappe de ces dépôts et de matériaux remaniés; pour cette raison, on ne peut pas y observer le recouvrement des schistes anciens, et l'on n'a retrouvé le Carbonifère et le Permien qu'à une certaine distance.

Ces conditions témoignent que l'alignement Polioudov-Timan-Kanin était déjà indiqué avant le Silurien supérieur, et que des plissements posthumes se sont manifestés jusqu'à l'époque permienne. Mais la Carte générale de la Russie, publiée par le Comité Géologique en 1892, montre en outre que les schistes anciens de la partie méridionale du Timan ne correspondent peut-être pas exactement au prolongement du même anticlinal dans le Nord, et que le Timan, comme on l'a déjà dit, représente tout un groupe de plis parallèles.

Les levés de Fédorov nous apprennent que le tronc principal de l'Oural, au Nord du Polioudov, prend une direction exactement N.-S., rappelant la structure schématique des Monts Louchaï (I, p. 594, note 3)[2].

Fedorov décrit comment, près du 63° de lat. N., sur le bord oriental, une coulisse s'enfonce en profondeur; au Sud, elle est formée de Dévonien inférieur; plus au Nord apparaissent les étages à *Stringocephalus Burtini* et à *Rhynchonella cuboides*, et enfin, sur la rivière

1. K. J. Grewingk, *Voyages dans la presqu'île de Kanin;* publiés par Tschernyschew, Karpinsky et Nikitin (Supplément n° 11 au t. LVII des Mém. Russes Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, 1891). Sur la carte géologique qui accompagne ce mémoire, M. Tschernyschew a colorié la partie septentrionale des Monts Timan, d'après les résultats de l'expédion de 1890.

2. E. Fédorov, *Recherches géologiques dans l'Oural du Nord pendant les années 1884-1886* (Gornyi Journal, 1890, I, p. 196 et suiv.; ce mémoire se rapporte aux parties comprises entre 60° 40′ et 62° 20′ de lat. N.); *Les syénites-gneiss de l'Oural septentrional*, r. f. (Bull. Comité Géol., VII, 1888, p. 15-31; concerne surtout la chaîne Tchistop, de 61° 25′ à 61° 35′); *Nouvelles observations géologiques dans l'Oural septentrional*, r. f. (Ibid., VIII, 1889, p. 7-20; s'étend jusqu'à 63°45′). Voir en outre de nombreux articles du même auteur, dans le *Gornyi Journal*, et en particulier sa *Carte géologique du Nord de l'Oural*, de 61° à 64°45′ (r., 1897, III). Dans ses premiers travaux, M. Fédorov admettait que la direction N.-S. de l'Oural actuel avait été précédée, dans certaines parties du Nord, par d'autres plis dirigés E.-W., d'une grande amplitude (Bull. Com. Géol., VII, 1888, p. 24); comme cette idée ne se retrouve pas dans ses derniers écrits, je n'y ai pas fait allusion plus haut.

LÉGENDE DE LA FIGURE 81.

1. Schistes cristallins; 2. Granite, Syénite et Gabbro; 3. Diabase et Porphyrite; 4. Silurien supérieur; 5. Dévonien moyen; 6. Dévonien supérieur; 7. Carbonifère; 8. Permo-carbonifère; 9. Permien; 10. Groupe mésozoïque (Marnes et argiles bigarrées; Jurassique supérieur; Couches à *Aucella Pallasi*; Néocomien); 11. Répartition approximative des dépôts morainiques (d'après Tschernyschew); 12. Dépôts de la transgression marine boréale et sédiments correspondants d'eau douce; 13. Dépôts récents. — Échelle de 1 : 4 200 000.

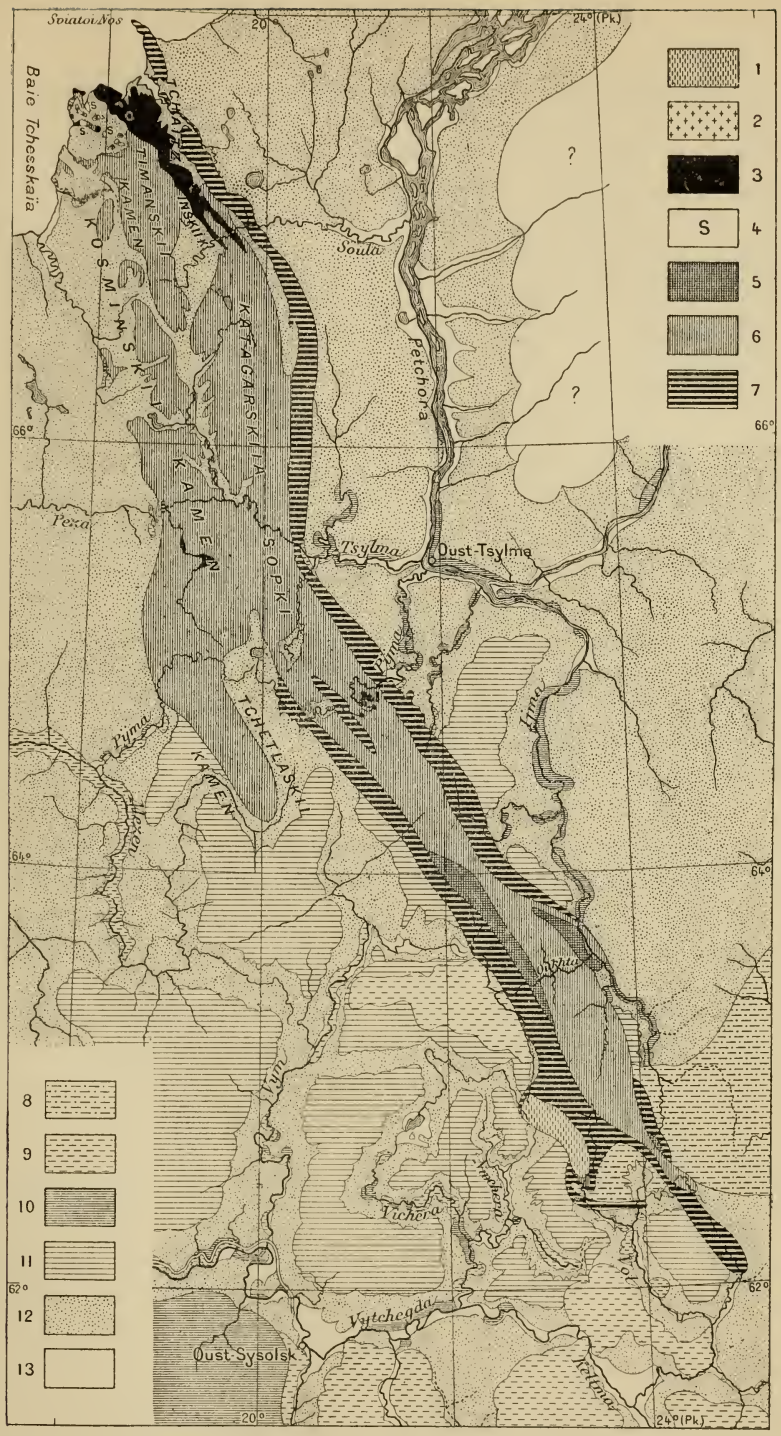


Fig. 81. — Les Monts Timan, d'après la *Carte géologique de la Russie d'Europe.*

Nayssa, des couches à empreintes végétales de type carbonifère[1]. De même, de petits anticlinaux indépendants surgissent sur la lisière occidentale (Tima-Is par 63°20′, Mertvaïa Parma entre 64°10′ et 64°24′). De nouvelles coulisses divergentes apparaissent plus à l'Ouest à une certaine distance de la chaîne principale, et la Carte du Comité Géologique indique un anticlinal carbonifère très long qui, à environ 120 kilomètres à l'Ouest de l'Oural, entre 65° 40′ et 66° 40′, subit dans le bassin de l'Oussa la même déviation au N.E. que la chaîne principale de l'Oural, sous ces latitudes. Ce pli, quand il est recoupé par la haute Oussa, porte, d'après E. Hofmann, le nom de Monts *Adak;* la carte de cet explorateur indique même un chaînon situé encore plus à l'Ouest et orienté également N.E., le *Pisé-To*[2].

La présence de ces arêtes et leur inflexion parallèlement à l'Oural montrent que la chaîne qui, en apparence, est l'arête maîtresse de tout le faisceau ne représente, en réalité, qu'une faible partie d'une zone de plissements beaucoup plus large.

Encore bien plus au Nord, au delà de la croupe suprême du Pays des Samoyèdes, qui est formée de terrains mésozoïques et glaciaires, Keyserling et la Carte du Comité Géologique indiquent entre 56° et 57° de long. E., au voisinage de la Mer Glaciale, un Poutkov Kamen, formé de schistes anciens, concernant lequel je ne sais rien de précis[3].

A l'Est se trouve la grande baie Khaïpoudyrskaïa des cartes russes; Schrenk écrit son nom *Hajodepadara.* Ce mot désigne, dans la langue des Samoyèdes, les petits groupes d'arbres isolés qui se maintiennent dans ces solitudes au Nord de la limite des forêts quand les circonstances locales sont particulièrement favorables. Les Samoyèdes regardent ces îlots de végétation comme des lieux privilégiés. Ce sont leurs bois sacrés, et ils y amènent de loin les cadavres, à travers la toundra, pour y être enterrés[4]. Nous devons nous sou-

1. Bull. Comité Géol., VIII, 1889, p. 7.

2. Voir la carte jointe à l'ouvrage : *Der nördliche Ural und das Küstengebirge Paechoi, untersucht und beschrieben von einer in den Jahren 1847, 1848 und 1850 durch die k. Russische Geographische Gesellschaft ausgerüsteten Expedition*, in-4°, St-Petersburg, 2 vol., 1853 et 1856 (texte par E. Hofmann, carte par M. Kowalski, etc.). Les Monts Adak sont également figurés dans A. Keyserling und P. von Krusenstern, *Wissenschaftliche Beobachtungen auf einer Reise in das Petschora-Land*, St-Petersburg, 1845, Atlas, carte 1; voir aussi dans le même ouvrage, p. 374, une coupe d'une coulisse anticlinale par 64° 20′ de lat. N.

3. Mentionné dans A. G. Schrenk, *Reise nach dem Nordosten des europäischen Russlands durch die Tundren der Samojeden zum arktischen Uralgebirge*, in-8°, I, Dorpat, 1848, p. 554.

4. A. G. Schrenk, *Reise*, etc., I, p. 314; les cadavres sont placés sur le côté gauche, et les outils et les armes ensevelis en même temps sont brisés, de façon à ne plus pouvoir servir, coutume très répandue jadis en Europe (même ouvr., p. 524).

venir, à ce propos, de la variabilité de la limite des forêts, en nous rappelant la ténacité des traditions qui se rattachent à certains sites et songer aux profondes modifications de climat que l'Homme a supportées pendant l'époque glaciaire; l'on peut se demander s'il n'existait pas également alors des îlots de verdure, dispersés au delà de la limite des forêts, et si à ces lieux sacrés d'une peuplade à l'état de nature ne se rattachent pas les souvenirs les plus délicats, remontant à l'enfance de l'humanité et bien antérieurs même à la tradition du Déluge.

Au Nord-Est, en dehors de la baie, se trouve le Sinikin Nos, où Ivanov, l'un des compagnons de Lütke, découvrit le long du rivage, sous les couches mésozoïques horizontales, des falaises rocheuses peu élevées. Ce fait, rapproché d'une observation de Linschoten qui remonte à 1594 et d'après laquelle l'île Maurice (ou île Dolgoï) est rocheuse[1], de même que le nom de *Goletz*, porté par l'une des îles, a conduit Schrenk a supposer qu'à partir du Sinikin Nos, une bande rocheuse court à travers la rangée des îles Sélénetz, Dolgoï, Matvéïev et Goletz, s'alignant au Nord-Ouest, parallèlement à la chaîne qui se dirige vers Vaïgatch[2].

Cette hypothèse a été confirmée. Feilden et Pearson ont trouvé l'île Dolgoï, qui a 50 kilomètres de longueur, constituée par des calcaires et des conglomérats, plongeant régulièrement de 45° vers l'Est[3].

D'après cela, il y a lieu d'attribuer également au Paé-Khoï, de même qu'à l'Oural, une largeur beaucoup plus grande.

Étant donné la grande longueur qu'atteignent ces chaînons, il n'est pas impossible que les Monts Adak se poursuivent, au-dessous de la nappe de terrains plus récents constituant la croupe principale du Pays des Samoyèdes, jusqu'au Sinikin Nos : une courbe tournant sa concavité vers l'Ouest rattacherait ainsi l'Oural au Paé-Khoï. Mais rien ne preuve que les choses se passent de la sorte.

1. Linschoten *in* J. C. Adelung, *Geschichte der Schiffahrten und Versuche, welche zur Entdeckung des nordöstlichen Weges nach Japan und China unternommen wurden*, in-4°, Halle, 1768, p. 155, 156; dans cet ouvrage, l'île Dolgoï porte le nom de Moritz-Insel.

2. Schrenk, *Reise*, II, 1854, p. 42. Il convient de remarquer ici que la profondeur de la mer, entre le continent et l'île Kolgouiëv, ne depasse nulle part 30 brasses, d'après Feilden, et que l'île Kolgouïev, d'après Trevor-Battye et Feilden, n'est qu'un amas de débris erratiques et de dépôts marins récents; H. W. Feilden, *Notes on the Glacial Geology of Arctic Europe and its Islands, part 1 : Kolguev Island* (Quart. Journ. Geol. Soc., LII, 1896, p. 52-65).

3. H. W. Feilden, *Visits to Barents and Kara Seas with Rambles in Novaya Zemlya, 1895 and 1897* (Geogr. Journ., XI, 1898, p. 333-364, carte; voir en particulier p. 350).

En ce qui concerne les relations de l'Oural et du Paé-Khoï, j'avais cru devoir admettre, m'appuyant sur l'autorité de E. Hofmann, en particulier, qu'il se produit un rebroussement au voisinage du Konstantinov Kamen (68° 29′ de lat. N.). Les savants auteurs de la Carte générale publiée par le Comité Géologique ont suivi une autre interprétation. D'après cette carte, le Paé-Khoï se détache de l'Oural en biais, un peu au Sud du 68°, et, à partir d'un point situé un peu au Sud du sommet appelé Guetiou, franchit la ligne de partage des eaux entre la Kara et l'Oussa, dans la direction du Iougorskii Char. Le bassin de la Kara indiquerait donc la séparation entre l'Oural et le Paé-Khoï. Comme le faîte en question est recouvert de débris erratiques, et que le Paé-Khoï lui-même se résout du côté de l'Oural en une série de collines basses, polies par les glaces, on en est réduit, pour le moment, aux hypothèses; mais je n'hésite pas à me ranger à cette interprétation nouvelle, parce qu'elle implique un rattachement analogue à celui qu'on a constaté au Timan[1].

Dans ces conditions, il serait intéressant de savoir jusqu'où l'Oural s'étend vers le Nord. Aux environs du 68°, dans le massif du *Gnetiou* (1 307 m., Hofmann), règnent des taleschistes argileux dirigés N.N.E.; telle est aussi l'orientation générale de la chaîne où s'élèvent, plus près de la Mer Glaciale, les monts Anaraha, Arka-Paï (Hofmann, = Horamagha, Schrenk), et un peu à l'Ouest de ces derniers le Miniseï-Paï (« Roc du Ballon terminal »), enfin, non loin du Miniseï-Paï, la croupe arrondie de quartzite du Konstantinov Kamen, dont il a souvent été question (I, p. 668). Comme on l'a vu, le Paé-Khoï n'arrive pas en contact direct avec l'Oural; mais sa déviation du N.N.W. au N.W., au voisinage du Iougorskii Char, et enfin, en approchant de l'Oural, à l'W.N.W. est indiquée par Hofmann, de même que par Schrenk.

Le Konstantinov Kamen s'abaisse très brusquement sur la toundra septentrionale et est entouré d'une ceinture de lacs[2]. La distance au rivage de la mer n'est que de 30 à 35 kilomètres. Dès 1771, l'infatigable Souïev traversait cette toundra[3]. E. Hofmann la décrit avec précision. Au Nord du Konstantinov Kamen se dressent l'une derrière l'autre « des rangées de collines rocheuses, dont le grand axe va de l'E.S.E. à l'W.N.W. et dont la hauteur au-dessus de la toun-

1. *Carte géologique de la Russie d'Europe*, éditée par le Comité Géologique, 1 : 2 400 000, 6 feuilles, St-Pétersbourg, 1892.

2. E. Hofmann, *Der nördliche Ural*, II, frontispice.

3. Sujew *in* P. S. Pallas, *Reise durch verschiedene Provinzen des Russischen Reiches*, in-4°, St-Petersburg, III, 1776, p. 288 : signale « des couches de schiste noir, inclinées en biais ».

dra environnante atteint au plus 150 pieds ». On y voit des schistes argileux, des schistes calcaires et des schistes chloriteux, mais les affleurements ne permettent pas d'en déterminer la direction. Du côté de la mer apparaît un grès dur, couleur de poivre. « Ces chaînes de collines, qui s'orientent presque à angle droit sur l'axe principal de l'Oural et qui sont à peu près parallèles au rivage, peuvent être comparées à des rangées de dunes entre lesquelles le terrain reste plat[1]. »

Il suit de là qu'au-dessous de la toundra, au Nord du Konstantinov Kamen, des restes de montagnes sont encore visibles; mais je n'ose décider s'ils appartiennent à l'Oural ou à des prolongements transversaux du Paé-Khoï. Hofmann note que, dans ces parages, la mer rejette des débris de charbon et aussi de grès à empreintes végétales. Schrenk a supposé que l'Oural se rattache à la péninsule de Ialmal; cette presqu'île a été visitée rapidement, il y a quelques années, par l'expédition Nordenskjöld, mais elle demeure presque complètement inconnue[2].

Sur le versant oriental de l'Oural, au-dessous de la toundra qui s'étend entre l'Ob et la Mer de Kara, Finsch a trouvé de 67°15′ à 68° de lat. N., à environ 40 kilomètres du pied des montagnes, la roche en place : ce sont des calcaires, des diabases, puis, sur la ligne de partage entre les rivières Chtoutchaïa et Podarata (Yangana-Paï, 100 m.), des porphyres quartzifères. Toutes ces roches appartiennent probablement, comme les quartzites de l'Oural et du Paé-Khoï, au Dévonien, qui, associé au Carbonifère inférieur, forme la plus grande partie de tous ces reliefs. Elles montrent qu'ici encore, la chaîne possède une grande largeur[3].

En ce qui concerne le *Paé-Khoï*, nous avons déjà signalé sa déviation au N.N.W. La rivière Vélikaïa, qui tombe dans le Iougorskii Char, isole vers l'Ouest un chaînon secondaire important, le *Padaïa*. La rangée Sinikin Nos-Dolgoï, située plus à l'Ouest, doit être également regardée comme une avant-chaîne.

1. E. Hofmann, *Der nördliche Ural*, II, p. 264.

2. Schrenk, *Reise*, II, p. 68.

3. O. Finsch, *Der Isthmus zwischen dem Karischen Meere und dem Ob* (Petermanns Mitteil, XXIII, 1877, p. 216-220, pl. 12 : carte), et *Reise nach West-Sibirien*, in-8°, 1879, p. 436, 447, 466. — Erman a gravi les avant-monts orientaux par 67°12′ de lat. N.; il a trouvé la diorite divisée en lames verticales orientées N. 35° E., et à une plus grande hauteur des roches amphiboliques passant à des talcschistes analogues à des gneiss; A. Erman, *Reise um die Erde*, I. Abth., 1. Bd., in-8°, 1833, p. 692 et suiv., 702, 708, Atlas, pl. III; voir aussi Erman's Archiv. f. Wiss. Kunde von Russland, II, 1842, p. 769. — K. M. Derjougin a fait le récit d'une ascension au sommet du Soukhar-Kéou, dans les Trav. Soc. des Naturalistes de St-Pétersbourg, Sect. de Zool., XXIX, 1898, p. 58.

Feilden décrit l'île de *Vaïgatch* comme étant haute de 300 pieds et consistant en calcaires et en schistes; les tranches des bancs, fortement redressés, courent à travers toute l'île suivant la direction du N.W. Nordenskjöld a signalé les couches verticales, dirigées N.W., du Cap Grébeni. Tschernyschew et Iakovlev ont réuni toutes les données relatives à ces îles; il résulte de leurs recherches que les fossiles du Cap Grébeni, considérés comme siluriens supérieurs, appartiennent au Dévonien [1].

Le voyage de Tschernyschew à la *Novaïa Zemlia* a révélé le fait inattendu qu'il y existe une dépression large et profonde, résultant peut-être d'un effondrement linéaire, et traversant l'île du Sud d'un bord à l'autre, de la Baïe de Möller, sur la côte occidentale (72° 20-30′, au Nord du Cap septentrional des Oies), jusqu'à l'intersection du méridien 72° avec la côte orientale; cette dépression est occupée par des couches de l'étage d'Artinsk [2].

Du Sud au Nord, on constate successivement les directions suivantes : *Vaïgatch*, Silurien supérieur (Dévonien), 70° de lat. N., direction N.W., d'après Feilden et Nordenskjöld; île à l'embouchure de la *Nekhvatova*, avec la plus grande partie du *Kostin Char* (schistes argileux, calcaire dévonien, et aussi porphyre), 71°10′ à 20′, direction *hora* 9-10 ou même 11 (N.W. à N.N.W.), plongement N.E. à E.N.E., fort, d'après Lehmann [3]; rives de la *Terre des Oies* dans la Baie de Rogatchev et les îles adjacentes (Dévonien avec intercalations de porphyre augitique et d'amygdaloïde), 71° 30′ de lat. N., direction N.N.W., d'après Hoefer [4]; dans la dépression comprise *entre la Baie de Möller et la côte orientale* (étage d'Artinsk), de 72° 20-30′ à 72°, direction 335° (= N.N.W.), d'après Tschernyschew; *Matotchkin Char* (terrains paléozoïques inférieurs, schistes anciens, gneiss à l'île Noire et peut-être culot de protogine),

1. Th. Tschernyschew und N. Jakowlew, *Die Kalksteinfauna des Cap Greben auf der Waigatsch-Insel und des Flusses Nechwatowa auf Nowaja-Semlja* (Verhandl. Russisch-k. Mineralog. Ges. St-Petersburg, 2. Ser., XXXVI, 1898, p. 55-99, pl. VI-VIII; voir notamment p. 56 et suiv.); voir aussi G. Lindström, *Silurische Korallen aus Nord-Russland und Sibirien* (Bihang k. Sv. Vetensk.-Akad. Handl. Stockholm, VI, N° 18, 1882, p. 4).

2. Th. Tschernyschew, *L'Expédition à la Novaïa-Zemlia en 1895*, r. (Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr., XXXII, 1896, p. 1-26, carte; publ. aussi en suédois, Ymer, Stockholm, XVI, 1896, p. 129-149, pl. 5 : carte).

3. Lehmann, *in* Baer, *Expédition à Novaïa-Zemlia et en Laponie* (Bull. Scientifique Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, II, 1838, p. 154). Tschernyschew et Iakovlev ont publié une intéressante description des bords de la Nekhvatova, tirée du journal de Lehmann, et fixé l'âge dévonien des fossiles; *Die Kalksteinfauna des Cap Greben*, etc., p. 84 et suiv.

4. H. Höfer, *Graf Wilczek's Nordpolfahrt im Jahr 1872, II. Ueber den Bau Nowaja Semlja's* (Petermann's Mitteil., XX, 1874, p. 303).

37° 15′ à 73° 25′ de lat. N., direction générale *hora* 11-12 (de N. un peu W. à N. vrai), d'après Lehmann, confirmée par les observations plus récentes; *îles Pakhtoussov* (probablement Silurien supérieur), côte orientale, 74° 24′ de lat. N., plongement W. (= direction N.-S. environ), d'après Feilden; *îles Barents* (Carbonifère supérieur, et peut-être aussi Permien, d'après Toula)[1], 76° 16′ à 76° 25′ de lat. N., couches verticales, direction N.E. d'après Hoefer. Ces îles ne forment qu'une partie d'une zone carbonifère, qui suit le bord nord-ouest de la Novaïa Zemlia et dont les traces ont été reconnues de l'*île Berkh* (75° 55′) au Cap Nassau (76° 30′). D'après une remarque de Nordenskjöld, le Carbonifère supérieur ou le Permo-carbonifère affleure en outre sur le bord externe de l'île, beaucoup plus au Sud, dès la partie nord de la *Terre des Oies*[2].

Fig. 82. — Schéma de l'Oural Septentrional. — 1 : 40 000 000.

Tschernyschew a exprimé l'opinion que, dans la Novaïa Zemlia, il existerait deux directions indépendantes, courant l'une au N.W. et l'autre au N.E. L'inflexion symétrique des directions maîtresses, de N.W. ou N.N.W. dans l'île de Vaïgatch à l'orientation plus ou moins exactement méridienne qui règne sur le Matotchkin Char et aux îles Pakhtoussov, et enfin à N.E. aux îles Barents, est en harmonie avec l'opinion adoptée jusqu'à présent, et d'après laquelle un même arc, dirigé parallèlement à la chaîne de montagnes, court du Paé-Khoï à travers Vaïgatch et jusqu'à l'extrémité nord-est de la Novaïa Zemlia.

En résumant ces observations, nous reconnaîtrons trois éléments, qui sont : *a*) l'*Oural*, puis ses deux branches, *b*) la chaîne *Timan-Kanin*, et *c*) la chaîne *Paé Khoï-Vaïgatch-Novaïa Zemlia*.

L'Oural qui, par 65° de lat. N., se replie en arc de cercle vers le Nord-Est et qui sur toute sa longueur est plissé dans la direction de l'Est à l'Ouest, éprouve une sorte d'arrêt aux environs d'Oufa. Mais au Sud de ce tronçon, les plis recommencent à s'avancer en diver-

1. F. Toula, *Eine Kohlenkalk-Fauna auf den Barents-Inseln* (*Nowaja-Semlja N.W.*). (Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Mathem.-naturw. Cl., LXXI, 1875, Abth. I, p. 527-608, 6 pl.).

2. A. E. Nordenskjöld, *Redogörelse for en expedition til mynningen af Jenissej och Sibirien* (Bihang k. Sv. Vetensk.-Akad. Stockholm, IV, 1877, n° 1, p. 24); ce gisement pourrait bien se rattacher au territoire décrit par Tschernyschew. — Les faits connus usqu'en 1886 sur la Novaïa Zemlia ont été rassemblés par A. Wichmann, dans son article : *Zur Geologie von Nowaja Semlja* (Zeitschr. Deutsch Geol. Ges., XXXVIII, 1886, p. 516-550).

geant, peut-être jusqu'aux Erghéni, et au Nord on voit se détacher à plusieurs reprises des « parmas » (coulisses) ; le Timan représente une de ces coulisses, de même peut-être que le Paé-Khoï. Le développement de ces avant-chaînes n'est pas absolument uniforme. Au Nord, du moins dans le Timan, il paraît amorcé dans un substratum beaucoup plus ancien, tandis qu'au Sud de pareils indices manquent. Mais dans un cas comme dans l'autre, rien ne rappelle le contraste si

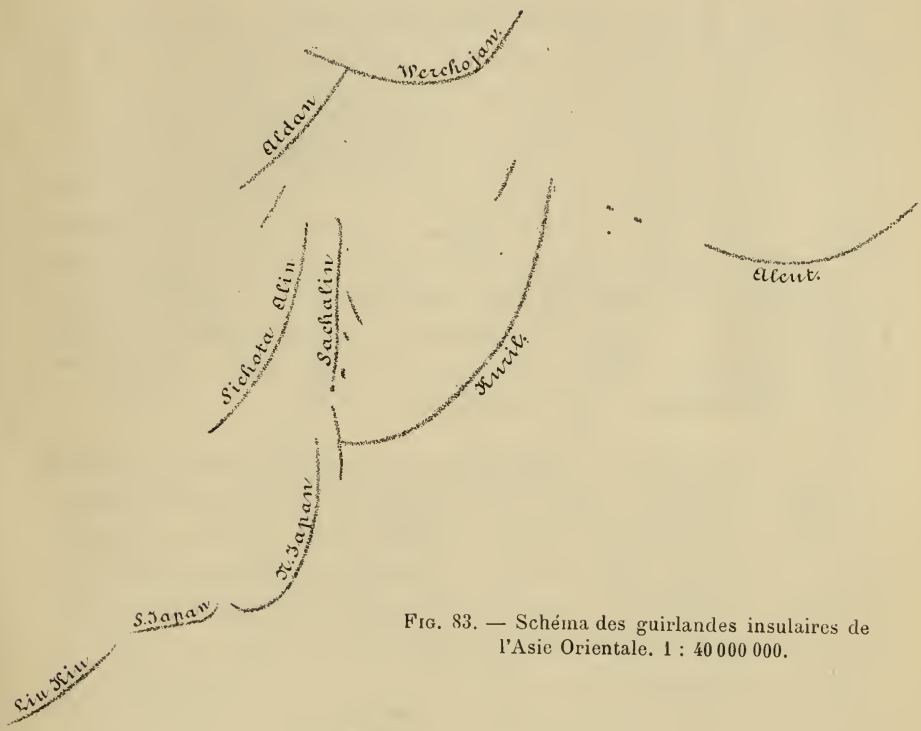


Fig. 83. — Schéma des guirlandes insulaires de l'Asie Orientale. 1 : 40 000 000.

marqué avec l'avant-pays qui caractérise, par exemple, la bordure septentrionale des Alpes et des Carpathes. On verra bientôt, au contraire, que les parties les plus anciennes de l'avant-pays qui soient visibles affectent une direction analogue. Les plis de l'Oural, malgré l'obstacle d'Oufa et en dépit de leur fréquent renversement vers l'Ouest, ne correspondent pas à des rameaux isolés, maintenus par des horsts de constitution différente et se recourbant comme l'arc de la Mer de Banda. Ils ne s'arrêtent à aucune limite précise du côté de l'Est, et témoignent également par leurs annexes occidentales d'une certaine identité de constitution avec l'avant-pays (I, p. 670). Ce sont

en quelque sorte des accidents internes d'une unité d'ordre plus élevé, commune et plus ancienne. Par sa situation et par sa longueur, l'Oural rappelle les plis périphériques de l'Eurasie orientale, comme le Djougdjour, le Sikhota-Alin, peut-être aussi le Grand Khingan. De fait, dans cette partie de l'Europe septentrionale, on obtient des directrices qui présentent une grande analogie avec certaines parties des guirlandes insulaires de l'Asie Orientale.

Les deux figures 82 et 83 indiquent cette ressemblance d'une façon tout approximative. Il faut remarquer à propos de la fig. 82 que les alignements de l'Oural, dont le raccord ne peut guère être représenté exactement à cette échelle, occupent une latitude beaucoup plus élevée que ceux de l'Asie, et que nous sommes habitués à les voir reproduits sur nos cartes sous un aspect très déformé. Quant à la fig. 83, on doit faire observer qu'un rôle spécial revient à l'arc de Verkhoïansk, dont nous n'avons pas encore parlé. L'arc des Riou-Kiou devrait être recoupé par l'arc du Sud du Japon. C'est ainsi que, à Yéso, les Kouriles sont recoupées, mais l'alignement volcanique, dans le groupe de l'Optateshiké, empiète sur l'arc qui détermine le recoupement (III, p. 179).

5. La plate-forme précambrienne. — En avant de l'Oural s'étend la vaste plaine russe. Ce n'est qu'à une assez grande distance à l'Ouest et au Sud-Ouest que son substratum ancien est visible. Dans les plis du versant oriental de l'Oural, au fond des vallées de l'Ouest de la Sibérie, le Dévonien et probablement aussi le Carbonifère inférieur participent au plissement. Sur le bord occidental de l'Oural, des terrains beaucoup plus récents se montrent affectés. Les plis du substratum de la plaine sont bien plus anciens, et l'on peut voir sur le pourtour du Golfe de Finlande qu'ils étaient déjà rasés à l'époque précambrienne.

En dépit de cette différence d'âge, on constate un remarquable accord entre la direction de ces plis anciens et celle des plis de l'Oural.

Dans son très intéressant mémoire sur « les conditions physico-géographiques de la Russie », M. Karpinsky a essayé de figurer les lignes directrices méridiennes (ouraliennes) de ce pays, dans leur contraste avec les lignes latitudinales (caucasiennes). Une première ligne de ce genre est menée des Mougodjars le long de l'Oural, puis au N.W., dans la direction des Monts Timan, jusqu'au Kanin Nos. Cette ligne, légèrement concave vers l'Ouest, est suivie sur l'esquisse de Karpinsky d'autres lignes analogues, passant graduel-

lement à la direction N.-S., jusqu'en Finlande et jusqu'au Dniepr[1] (fig. 84).

Le contraste non seulement avec le Caucase, mais aussi avec la

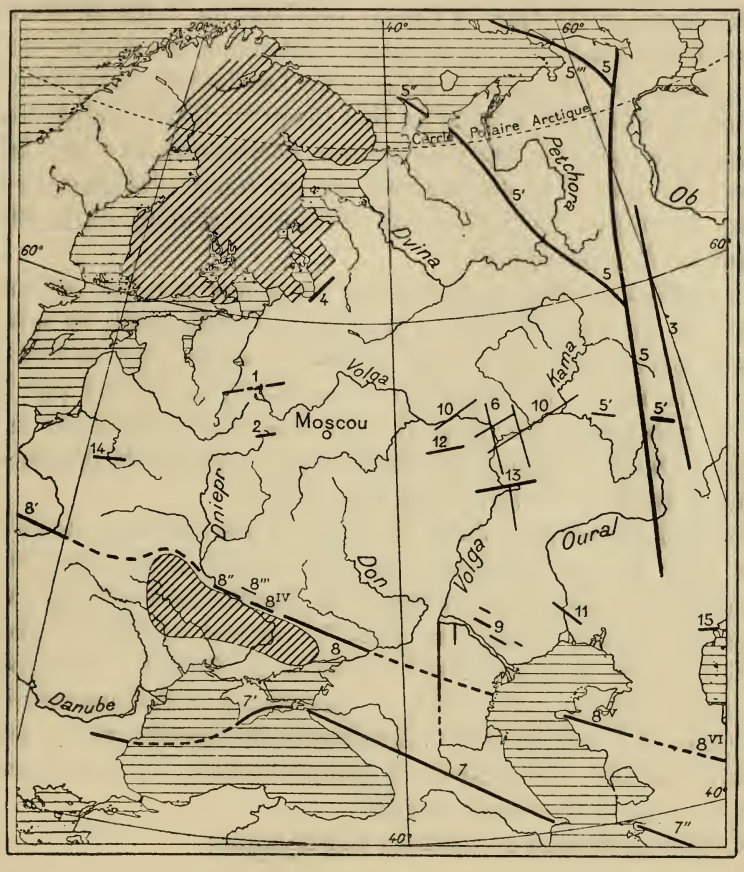


Fig. 84. — Principales lignes de dislocation de la Russie d'Europe, d'après A. Karpinsky (Annales de Géogr., V, 1895-1896, p. 184, fig. 13). — 1 : 30 000 000.

1. Dislocations du Cambrien et du Silurien inférieur des gouvernements de Pskov et de Tver; 2. Smolensk; 3. Faille transouralienne; 4. Andoma; 5. Oural et Timan; 5'. Kara-Taou, Oui-Kach, etc.; 5''. Chaîne de Kanin; 5'''. Pacé-Khoï, Vaïgatch, Novaïa Zemlia; 6. Dislocations méridiennes de Viatka; 7. Caucase; 7'. Crimée; 7''. Balkhan; 8. Donetz; 8'. Chaîne de Kielce-Sandomierz; 8''. Kanev; 8'''. Issatchki; 8IV. Mont Pivikha; 8V. Manghychlak; 8VI. Sultan-Ouiz-Dagh; 9. Grand et Petit Bogdo, Tchaptchatchi, Bich-Tchoko; 10. Dislocations N.E.-S.W. de Viatka-Kazan; 11. Monts d'Inder; 12. Kourmych; 13. Gégouli; 14. Grodno; 15. Koulandy; 16. Erghéni.

Crimée, les Carpathes et toutes les lignes directrices de l'Europe cen-

1. A. Karpinski, *Uebersicht der physiko-geographischen Verhältnisse des europäischen Russlands während der verflossenen geologischen Perioden.* In-8°, 41 p., 12 cartes (Beitr. zur Kenntniss des Russischen Reiches, 3. Folge, 1887).

trale ressort ainsi en toute évidence, et cet état de choses réclame un examen détaillé.

6. L'Est du bouclier baltique. — Une ligne tirée de Kexholm, sur les bords du Ladoga, à l'angle nord-est du Golfe de Finlande sépare les terrains anciens du massif finlandais des dépôts récents de la plaine qui, sur toute la largeur du Lac Ladoga aussi bien que du Golfe de Finlande, s'étend au Sud jusqu'au delà de Saint-Pétersbourg. Cette ligne est regardée comme correspondant à une faille. D'après Ramsay, l'île de Hogland est un horst[1]. Néanmoins on a atteint le gneiss, au-dessous de Saint-Pétersbourg, entre 195 et 200 mètres de profondeur[2].

La Ladoga et l'Onéga sont reliés de même par des sédiments récents, et du Golfe de Botnie jusqu'à la Mer Blanche, le bouclier baltique parait être séparé des territoires situés plus au Sud à la façon d'un horst. Et cependant, après l'exposé donné par Karpinsky, notamment, on ne peut conserver aucun doute sur le fait que les roches archéennes affleurant dans le Sud de la Russie sont la continuation des terrains anciens du Nord[3].

Sederholm distingue dans les terrains précambriens de la Finlande trois groupes différents. Le plus récent, le groupe *jotnien*, n'est pas ou est peu plissé, recouvre en discordance les termes antérieurs et consiste surtout en grès. Le second groupe ou groupe *jatulien*, formé de quartzites, de schistes, de dolomies et de roches éruptives basiques, est plissé. Il correspond probablement, dans l'ensemble, à l' « Algonkien ». Au-dessous du Jatulien vient, séparé par une nouvelle discordance, le groupe *archéen*, où le rôle principal appartient au gneiss granitoïde[4].

Nous commençons au Nord du Lac Ladoga.

1. W. Ramsay, *Om Hoglands geologiska byggnad* (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., XII, 1890, p. 471-490, pl. 9-10 : carte et coupes).

2. A. Inostranzeff : « C'est le gneiss qui forme le sous-sol profond de S^t^.-Pétersbourg » (Travaux Soc. des Naturalistes de St-Pétersbourg, XXIII, Sect. Géol., 1895, p. 45-51 ; r., f).

3. Outre les gisements connus du Gouvernement de Pskov (II, p. 290), on a signalé récemment des dépôts cambriens et siluriens inférieurs à une distance encore bien plus grande du bouclier baltique, à Ravanitchi (entre Minsk et Mohilev). Bork a trouvé du Silurien inférieur à Vichny-Volotchek (Gouv^t^ de Tver); A. Karpinsky, Mélanges géol. et paléont. tirés du Bull. Acad. Imp. des Sc. de St-Pétersbourg, I, 1892, p. 139-145 (Bull., Nouv. Série, III, p. 1).

4. J. J. Sederholm, *Ueber eine archäische Sedimentformation im Südwestlichen Finland* (Bull. Commission géol. Finlande, n° 6, p. 1-254, 5 pl. de cartes, 1899) ; pour les interprétations antérieures, voir son mémoire *Om bärggrunden i södra Finland* (Fennia, VIII, 1893, n° 3, 166 p., 1 carte, 4 pl.; résumé all^d^).

Dans ces parages domine la direction N.N.W., avec déviations locales au N.W. Mikloukha-Maklay a observé dans des schistes anciens la direction N.W., *hora* 7 $^1/_2$-10[1]. Berghell a retrouvé la même orientation sur la rive nord[2]. A l'extrémité nord-est du Ladoga apparaît la limite occidentale d'un grand massif archéen; cette limite court ensuite le long de la rive ouest du Pielisjärvi et de l'extrémité orientale de l'Uleåjärvi dans la direction du N.N.W. A l'Est de cette limite, sur une longueur de 800 kilomètres et une largeur de 500, les terrains archéens, d'après Sederholm, sont disposés en plis s'orientant N.N.W. Les observations faites en Russie montrent que l'étendue affectée est encore plus grande.

Lisitzin a constaté que la direction N.N.W. règne au Pielisjärvi et au delà jusqu'à Nurmes[3], et Tigerstedt a trouvé qu'il en est de même à l'Ouest et au Sud-Ouest du Pielisjärvi, où des bandes de diorite longues de 20 à 50 kilomètres se montrent avec la même direction N.N.W. dans des quartzites anciens[4]. Enfin Rosberg a déterminé la direction des terrains, à partir du 63° de lat. N. environ, entre les méridiens 31° 30′ et 32° 30′, jusqu'aux rives du Tuoppajärvi, par 65° 45′ de lat. N. A Kallionemi (62° 47′ de lat. N., 31° de long. E.), on constate dans le gneiss la direction aberrante N. 50° E.; bientôt cette direction tourne au N., puis un peu plus à l'W., et jusqu'au Tuoppajärvi règne, sauf un très petit nombre d'exceptions, la direction N.N.W. ou N., plus rarement N.W. Mais au bord sud-est de ce lac (65° 28′ de lat. N., 33° de long. E.) apparaît la direction N. 10° E.[5].

Ces observations viennent se rattacher aux recherches étendues qu'Inostrantzev a exécutées entre le Lac Onéga et la Mer Blanche[6].

1. M. N. Miklucha-Maklay, *Geologische Skizze des Kreises Olonetz und der Inseln des Ladoga-Sees in der Umgebung von Walaamo*, r. (Matériaux pour la Géol. de la Russie, XVIII, 1897, p. 171-264, carte).

2. H. Berghell, *Geologiske iaktaggelser längs karelska järnvägen*, II (Fennia, V, n° 2, 1892, 18 p., 1 carte; résumé all[d]).

3. Gr. Lisitzin, *Några geologiska iaktaggelser gjorda i trakterna norr om Ladoga Sjö sommaren 1889* (Mddelander fr. Industristyrelsen i Finland, Helsingfors, XIV, 1891, p. 127-154, carte). Aux environs de Pitkäranta, sur la rive orientale, des roches éruptives très développées empêchent de déterminer la direction originelle; comp. A. E. Törnebohm, *Om Pitkäranta malmfält* (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., XIII, 1891, p. 313-334, pl. 4-5 : carte et coupe).

4. A. F. Tigerstedt, *Om traktens mellan Höytiäinen och Pjelisjärvi geologiska och topografiska byggnad* (Fennia, V, 1892, n° 10, 22 p., 5 cartes; résumé all[d]).

5. J. E. Rosberg, *Ytbildningar i ryska och finska Karelen mid särskild hänsyn till de karelska randmoränerna* (Fennia, VII, 1892, n° 2, 128 p., 2 pl., 2 cartes, résumé all[d]; en particulier p. 17-27).

6. A. Inostrantzev, *Aperçu géologique des régions comprises entre la Mer Blanche et le lac Onéga*, r. In-8°, carte, S[t]-Pétersbourg, 1871; *Études géologiques dans le Nord de*

Dans cette région, et pour autant que le sol n'est pas recouvert par les dépôts glaciaires, on retrouve les mêmes terrains qu'en Finlande. Du gneiss, accompagné de traînées de granite affectant la même orientation, et aussi des schistes talqueux et chloriteux forment une grande partie du sous-sol. Au-dessus viennent des conglomérats quartzeux, des quartzites et quartzschistes, puis des dolomies. Cette couverture de quartzite, d'après Inostrantzev, est discordante, mais elle est néanmoins plissée suivant la même direction. Ceci atteste des mouvements orogéniques discontinus, à une époque extrêmement reculée. Il n'y a guère à douter de l'identité de ces roches avec l'étage jatulien de Sederholm [1].

On peut résumer les résultats des travaux d'Inostrantzev de la manière suivante :

La direction N.N.W. observée par Rosberg se poursuit dans toute la partie occidentale du cercle de Poviénetz et se traduit avec une netteté particulière dans un grand lambeau de quartzites, accompagné de bandes de roches éruptives, qui s'allonge au S.S.E. par le Segozero et la région située plus à l'Ouest. Il est remplacé plus au S.S.E. par un lambeau de schistes cristallins qui, associés également à des bandes éruptives, forment sur une grande étendue les rives de l'Onéga. Au Nord et à l'Est du lac, jusqu'au delà du Poudochgorskii Pogost, il y a aussi du gneiss; la direction est, ici encore, N.N.W. et même sur un point W.N.W. Mais un peu au Nord de Poviénetz, sur le petit lac Matkozero, par environ 63° 10′ de lat. N., cette direction change et devient N.N.E. Vers le Nord, le pays est d'ailleurs recouvert sur de grandes étendues par les dépôts glaciaires, mais quand le substratum rocheux apparaît, la direction N.N.E. règne presque sans exception, jusqu'aux rives de la Mer Blanche. A l'extrémité nord du grand Vygozero, il y a des schistes talqueux et chloriteux; sur le bord de la mer, ce sont partout des gneiss, aussi bien au Sud, sur la côte de Pomor, qu'à l'Ouest, jusque vers l'embouchure du Kem. Là, dans le gneiss graphiteux de l'île Varbarloud, apparaît même la direction N.E.

la Russie faites en 1869 et *1870*, r., in-8°, 1872; *Esquisse geologique du Cercle de Poviénetz dans le Gouvernement d'Olonetz*, r., in-8°, cartes, 1877 (notamment p. 495 et suiv.); [voir aussi son mémoire : *Studien über metamorphosirte Gesteine im Gouvernement Olonez*, in-8°, VIII-275 p., 3 pl., 1 carte, Leipzig, 1879]. Voir aussi B. Z. Kolenko, *Description géologique de la région du Sa-Onéga*, r. (Matériaux pour la Géol. de la Russie, XII, 1885, p. 23-103, pl. I : carte).

1. Une ancienne indication sur la découverte d'un Polypier dévonien dans le gouvernement d'Olonetz a conduit à des vues différentes, mais cette trouvaille n'a pas été confirmée; R. Ludwig, *Die Gegenden am Ssuna- und Semtsche-Flusse im Olonezer Gouvernement* (Bull. Soc. Imp. des Naturalistes Moscou, XLVIII, 1874, II, p. 108-127, pl. II : carte).

En avant de la côte, l'archipel Solovetzkii ne présente que des accumulations de débris erratiques.

Il est très probable que l'amorce de la direction N.N.E., observée par Rosberg à l'extrémité du Tuoppajärvi, doit être attribuée à ce district Pomorskii, qui toutefois ne comprend pas la bordure entière de la baie. A l'Ouest de l'embouchure de l'Onéga, sur la Koucheretskaïa, le gneiss s'oriente E.N.E. (260°), puis 285°; à Kii Ostrov près d'Onéga, localité déjà visitée par Murchison, on retrouve au contraire la direction N.W. ou N.N.W. (320°-345°), qui est très fréquente, comme en Finlande.

La question se pose dès lors de savoir si, dans les gneiss et les gneiss amphiboliques qui forment la plus grande partie de la presqu'île de Kola, la direction N.N.E. (Pomorskaïa) continue à régner. Ramsay a publié un tableau des directions. Il ne signale que sur un point de la côte orientale, à Karabelnaïa Navolok, non loin de Ponoï, la direction N. 10° E.; près de Ponoï on trouve N.-S., et plus au Nord, au Sviatoï Nos et jusqu'à Yokonsk, c'est-à-dire jusqu'au delà du 40° de long. E., règne la direction N.N.W. Ensuite, plus à l'Ouest, la direction tourne au N.W. et à l'W.N.W. Près de Kola, la direction W.N.W. prédomine, et d'après Koudriavtsov, entre Kantalaks et l'Imandra, les terrains suivent aussi la même direction[1]. C'est encore la même orientation, W.N.W., que suit au début la grande traînée de granulite — probablement le plus vaste affleurement de cette roche que l'on connaisse jusqu'à présent — qui apparaît à l'Ouest du lac Imandra pour se prolonger au Nord du 68° de lat. N., sur une grande largeur, à travers la paroisse de Sodankylä, où Tigerstedt et Rosberg l'ont décrite[2]; elle atteint ensuite l'extrémité sud-ouest du lac Enare

1. W. Ramsay, *Geologische Beobachtungen auf der Halbinsel Kola* (Fennia, III, 1890, n° 7, 52 p., 2 pl. dont 1 carte; en particulier p. 6-8). Près du massif éruptif de l'Umpjavr, le gneiss est toutefois dirigé N. 20-30° E.; W. Ramsay, *Das Nephelinsyenitgebiet von Kola* (Fennia, XI, 1894, n° 2, p. 70). Les études de Rabot sur les lacs Imandra et Enare, très importantes pour la connaissance générale du pays, ne renferment pas d'indications sur la direction des roches; Ch. Rabot, *Explorations dans la Laponie Russe ou presqu'île de Kola* (Bull. Soc. Géogr. Paris, 7e sér., X, 1889, p. 457-547, 2 cartes, 2 pl.); Ch. Rabot et Ch. Vélain, même recueil, XII, 1891, p. 49-102 (esquisses géol., p. 60 et 71).

2. A. F. Tigerstedt, *Beskrifning af de geologiske formationerna i sydöstra delen af Enare samt nordöstra delen af Sodankylä socknar* (Sällskap. f. Finlands Geografi, 1884, p. 1-24, carte); J. E. Rosberg, *Nordöstra Sodankylä* (Geograf. Fören. Tidskr., Helsingfors, III, 1891, p. 1-51, carte; en particulier p. 25). — L'ancienne description de la paroisse de Kuusamo par Holmberg n'indique pas la direction des roches : H. J. Holmberg, *Hydrographische und orographisch-geognostische Beobachtungen im Nördlichen Finnland in den Jahren 1847, 1848 und 1849* (Verhandl. Russisch-K. Mineralog. Ges. St.-Petersburg, 1855-1856, p. 1-62, carte). La bande de gneiss dont D. Hummel a cru reconnaître la présence en 1875, le long de la frontière russo-suédoise (*Geologisk*

et, plus à l'Ouest, tourne brusquement en demi-cercle vers le Nord, direction qu'elle conserve d'après Jernström jusqu'au Tanajoki, par 70° de lat. N. [1].

Ces études de Jernström ont fait faire un grand pas à la connaissance de ces régions du Nord. M. Sederholm, qui a visité à nouveau en 1898 le pays situé au Sud du lac Enare, confirme les observations anciennes de Jernström; en outre, ce savant m'annonce que les quartzites jatuliens de Kittilä se prolongent vers le Sud-Est et atteignent la rivière Kitinen au Nord de l'église de Sodankylä. *Leur allure est donc analogue a celle du bord sud de la bande granulitique.* Cette bande de granulite se voit avec la plus grande netteté sur la carte de Finlande de Sederholm.

Dans une grande partie de la Finlande, puis au Nord du Ladoga et de l'Onéga jusqu'aux îles de la Mer Blanche, sur la presqu'île de Kola et dans les régions désertes situées entre les lacs Imandra et Enare, on voit donc les terrains les plus anciens, y compris la série jatulienne discordante, disposés en plis allongés; et il est possible dès à présent de déterminer le tracé de quelques-uns de ces plis, et d'en déduire par conséquent le dessin d'ensemble de ces chaînes de montagnes primitives. D'une façon générale, on peut dire que la direction N.N.W. prédomine du Golfe de Botnie à l'extrémité sud-est du Tuoppajärvi, jusque par delà le Ladoga et l'Onéga et jusqu'un peu au Nord de Poviénetz, et que cette direction reparaît sous le manteau des formations erratiques au voisinage de l'embouchure de l'Onéga. Mais dans l'intervalle se trouve une région où la direction N.N.E. règne presque exclusivement. Cette région s'étend des points indiqués, sur le Tuoppajärvi et au Nord de Poviénetz, jusqu'à la côte Pomorskaïa et au voisinage de l'embouchure du Kem. Peut-être une trace en reparaît-elle sur la côte orientale de la presqu'île de Kola, mais, pour autant que l'intérieur de cette péninsule est connu, la direction N.N.E. tourne aussitôt à N.-S., plus à l'Ouest à N.N.W., puis à W.N.W. jusqu'au delà du

öfversigtskarta öfver den kända delen af Norrbottens län, 1875, dans ses *Underdänig berättelse om malmfyndingheter inom Gellivare och Jukkasjärvi Socknar af Norrbottens län* (Sveriges Geol. Undersökn., in-4°, 1877), ne ressort pas avec une pareille netteté à beaucoup près, sur les nouvelles cartes de la région du Muonio de Svenonius et de Stjernvall. De vastes affleurements de granite rendent la détermination des directions difficile; F. Svenonius, *Bergrundet i Norbottens Län* (Sveriges Geol. Undersökn., N° 126, 1892, carte); Hugo J. Stjernvall, *Bidrag till finska Lappmarkens Geognosi* (Meddelander fr. Industristyrelsen i Finland, XIV, 1891, p. 71-125, carte).

1. A. M. Jernström, *Material till finska Lappmarkens Geologi, I. Utsjoki och Enare Lappmarker* (Bidrag till Känned. af Finlands Nat. och Folk, XXI, 1874, p. 94-229, carte), et *II. Kitinendalen i Sodankylä socken* (Ibid., XXIV, 1875, p. 49-76).

lac Imandra; la traînée granulitique suit la même direction W.N.W. jusqu'au Sud du lac Enare, et tourne enfin vers le Nord.

Les directions qui viennent d'être signalées sont les mêmes que celles de l'Oural et du Paé-Khoï.

La direction N.N.W. qui règne au Nord de l'Onéga et du Ladoga et dans la Finlande moyenne, et qui parfois se rapproche beaucoup de celle du méridien, correspond au tronçon principal de l'Oural, au Sud du Telposs. La direction N.N.E. (Pomorskaïa), qui d'après les observations d'Inostrantzev dérive probablement de la direction N.N.W. par une inflexion graduelle, au Nord de l'Onéga, pourrait être comparée à la partie de l'Oural située plus au Nord.

Nous avons vu que dans la presqu'île de Kanin, le Silurien supérieur recouvre en discordance des schistes sériciteux dont la direction reproduit celle du Paé-Khoï. Or, la traînée de granulite du Nord de la Laponie répète d'une façon singulière la courbe de la Novaïa Zemlia. Déjà Tschernyschew note le parallélisme du Paé-Khoï, du Timan, puis de la bordure septentrionale du horst scandinave et de la presqu'île de Kola[1]. Le plan de la traînée granulitique de Laponie nous conduit encore plus bas, jusque dans la charpente de la plate-forme archéenne elle-même. C'est comme si le plan d'un nouvel arc avait été esquissé dès avant l'époque jotnienne ou du moins à l'époque précambrienne, arc qu'il y aurait lieu d'ajouter sur la figure 82. Cette question est d'une telle portée pour l'intelligence des guirlandes insulaires en général, qu'il peut suffire d'en avoir provoqué l'examen.

7. Le Centre et l'Ouest du bouclier baltique[2]. — Revenons à la limite du gneiss granitoïde, au Nord-Est du Ladoga et au Pielisjärvi. Ce gneiss granitoïde représente sans doute la roche la plus ancienne qui affleure en Finlande, et Sederholm l'assimile au « Jerngneiss » ou gneiss ferrifère de la Suède occidentale. Nulle part il n'envoie de filons dans les roches encaissantes. Les terrains stratifiés qui lui succèdent à l'Ouest, en premier lieu une large zone de schistes amphiboliques avec intercalations de calcaire, puis des micaschistes, des quartzites schisteux, etc., se rapprochent peu à

1. Tschernyschew, Izviestiia Soc. Imp. Russe de Géogr. XXXII, 1896, p. 25. Au delà de la Baie Sans-Nom, Tschernyschew distingue une autre direction, qui est un retour de celle de l'Oural. Les raisons pour lesquelles la Novaïa Zemlia est regardée ici comme un segment d'arc unique ont déjà été indiquées.

[2. Voir les feuilles CII, CIII, DII, DIII de la *Carte géologique internationale de l'Europe*, livr. IV, Berlin, 1902, et la carte générale (sans les dépôts superficiels) à 1 : 1 500 000 publiée par le Service Géologique de la Suède en 1901.]

peu des sédiments normaux. Il y a aussi des roches gneissoïdes, et au début, la direction des plis paraît être encore à peu près la même, et aboutir au N.N.W. dans le Nord de la Suède[1].

La situation change alors.

La région du « Jerngneiss » dont il vient d'être question, c'est-à-dire le territoire vaste et monotone occupé par le gneiss granitoïde suédois, associé aussi à du gneiss amphibolique, est située bien plus à l'Ouest. Elle est limitée vers l'Est par une longue ligne méridienne, déjà reconnue par Erdmann. Cette ligne commence sur la côte sud au voisinage de Sölvisborg, court par 15° 20′ de long. E. environ vers l'extrémité sud du lac Vettern, passe à l'Est du Venern et se poursuit le long du Klar Elf dans la direction du glint. *Sa longueur est de plus de cinq degrés de latitude* (fig. 85).

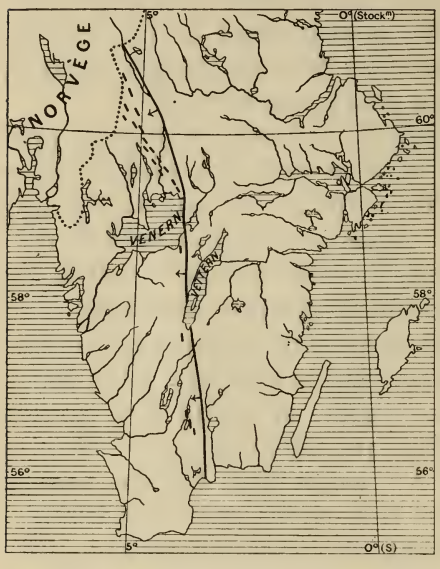


Fig. 85. — Accident méridien du Sud de la Suède, d'après Nathorst (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., VIII, 1886, p. 99).

Les traits noirs représentent des filons d'hypérite. Échelle de 1 : 9 000 000.

Le bord occidental de cette ligne, c'est-à-dire l'Est de la région gneissique, est recoupé par de nombreux filons d'hypérite qui s'allongent parallèlement au méridien ; et la différence des conditions, de part et d'autre de cette ligne, est telle, que Nathorst a émis l'idée qu'elle pourrait bien représenter une grande faille primitive, dont la lèvre occidentale se serait affaissée[2].

On ne peut pas dire que les questions concernant la nature de cette limite soient résolues. Je ne possède de renseignements précis et récents, à cet égard, que pour un court tronçon de l'extrême Sud. Après la découverte par De Geer, au Nord de Sölvisborg, près de la ligne de démarcation supposée, d'un conglomérat dans les micaschistes,

1. J. J. Sederholm, *Ueber eine archäische Sedimentformation im Südwestlichen Finland*, p. 211 et suiv.

2. A. G. Nathorst, *Ett försök att förklara orsaken till den skarpa gränsen mellan, södra Sveriges vestra och östra urterritorium* (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., VIII, 1886, p. 95-102).

Bäckström a montré que, sur ce point tout au moins, la limite ne se présente pas avec la netteté qu'on lui attribue plus au Nord. Une traînée d'amphibolite jalonne, il est vrai, cette prétendue limite et le « Hälleflinta », ainsi que la série dans laquelle est intercalé le conglomérat, dessine une sorte de bifurcation; mais on retrouve aussi plus à l'Est des pointements isolés de gneiss granitoïde, et une faille N -S. n'existe pas; peut-être passe-t-elle plus à l'Ouest. S'il y a eu affaissement, dit Bäckström, c'est le voussoir oriental qui représenterait la partie affaissée[1].

Or, entre ces deux lignes si éloignées l'une de l'autre, c'est-à-dire entre le Ladoga et le Vettern, il existe au milieu du bouclier baltique une région dont la structure est différente. Tandis qu'à l'extérieur, à l'Est comme à l'Ouest, le gneiss le plus ancien occupe presque exclusivement la surface du sol, une plus grande diversité apparaît dans l'intervalle, grâce à la présence de roches éruptives de différents âges, quoique anté-paléozoïques, et aux discordances précambriennes. La croupe d'un grand batholithe granitique occupe le centre de la Finlande; il y en a un second dans le Småland, et un troisième au Nord de celle-ci; entre ces deux derniers massifs granitiques, on voit une bande de gneiss orientée E.-W.; d'autres centres éruptifs plus petits se montrent encore. Comme en tant d'autres champs d'abrasion, les directions semblent être influencées par le contour des batholithes, et souvent, l'on croirait plutôt avoir sous les yeux une disposition en pelures d'oignon que le plan des plissements primitifs.

Cohen et Deecke ont trouvé à Bornholm des granites analogues formant le fond de l'île, d'où l'on a conclu que la limite méridienne se prolonge à l'Ouest de Bornholm[2].

Dans le domaine si varié d'aspect qui s'étend entre le Ladoga et le Vettern, on chercherait en vain les traces du plan primitif, et c'est seulement au delà de la limite occidentale, dans le gneiss du Sud-

1. G. de Geer, *Om ett konglomerat inom urberget vid Vestanå i Skåne* (Geol. Fören. i. Stockholm Förhandl., VIII, 1886, p. 30-54, pl. I : carte; trad. allemande par Wahnschaffe, Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., XXXVIII, 1886, p. 269-294, pl. VI); G. de Geer, *Bladet Bäckaskog* de la Carte géologique détaillée de la Suède, 1 : 50 000, avec notice; H. Bäckström, *Vestånåfältet, en petrogenetisk studie* (K. Sv. Vetensk. Akad. Handl., Stockholm, XXIX, n° 4 [et Sveriges Geol. Unders., Ser. C, n° 168], 1897, 127 p., carte, 8 pl.; notamment p. 104).

2. E. Cohen und W. Deecke, *Ueber das krystalline Grundgebirge der Insel Bornholm;* aus d. IV. Jahresber. d. Geograph. Gesellsch. zu Greifswald, 1889-90; in-8°, 61 p., 1891; en particulier, p. 38 et suiv. Aux environs de Stockholm, la direction E.-W. est encore prépondérante; Svedmark, Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., VII, 1884-85, p. 709.

Ouest de la Suède, qu'on peut espérer les retrouver. Comme cette partie médiane renferme de nombreuses roches postérieures aux gneiss de l'Est et de l'Ouest, on doit la regarder, au point de vue tectonique, comme relativement déprimée; et il suit de là, en outre, que la limite occidentale, même si elle ne coïncide ni avec une faille, ni avec une flexure, doit néanmoins répondre à une inclinaison générale de la surface du gneiss vers le centre, comme on l'a constaté pour la limite finlandaise.

Le gneiss granitoïde lui-même est très généralement dirigé N.-S. dans le Sud-Ouest de la Suède; cette direction se présente non seulement le long de la limite, au voisinage des filons méridiens d'hypérite, mais encore à l'Ouest, de la Scanie occidentale au Bohuslän, au Dalsland et au Vermland[1]. Mais en territoire norvégien, la direction finlandaise N.N.W. reparaît et continue à régner jusqu'à la fosse de Kristiania, au lac Mjösen et jusqu'à Trysil (Klar Elf) vers le Nord[2]. Nous arrivons ainsi au voisinage de l'ancien massif éruptif du Dovrefjeld. Mais à l'Ouest de la fosse, aux environs de Kristiansand, le granite recommence à prédominer.

8. Russie méridionale. — On ne voit d'abord, en Volhynie et dans le gouvernement de Voronèje, que des pointements tout à fait isolés de terrains anciens, qui percent à de grandes distances les uns des autres la nappe des dépôts plus récents. Ils se montrent çà et là sur les bords des vallées; puis ces affleurements prennent plus de continuité, moins au Nord, davantage sur le cours supérieur des rivières qui descendent au Sud à travers le gouvernement de Kherson, entre le Boug et le Dniepr, mais pour disparaître ensuite un peu au Sud du 48e parallèle. Au Nord du Dniepr, ils ne sont visibles qu'en peu d'endroits, et le coude de ce fleuve sépare à la surface deux régions, l'une à l'Ouest et l'autre à l'Est, mieux découverte, celle-ci s'étalant au Nord de la Mer d'Azov.

Ce sont toujours les mêmes roches que dans le Nord; un gneiss étroitement lié au granite et souvent qualifié de gneiss granitoïde

1. G. de Geer, *Om algonkisk bergveckning inom Fennoskandias gränssområden* (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., XXI, 1899, p. 675-694.) L'auteur a vu dans le fait qu'un lambeau de grès jotnien s'allonge du N. au S. dans le Dalsland l'un des arguments en faveur d'une interprétation complètement différente de la structure du pays. D'après cette manière de voir, c'est à partir des massifs granitiques du centre que se seraient propagées les modifications (« Umorientirungen ») qui ont donné aux territoires gneissiques de l'Est et de l'Ouest leur aspect actuel. Ce travail a eu le mérite de provoquer une discussion très instructive (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., XXII, 1900, p. 116-142).

2. Th. Kjerulf, *Geologie des südlichen und mittleren Norwegen.* Deutsche Ausgabe von A. Gurlt, in-8°, Bonn, 1880, p. 89.

forme le terme le plus ancien; des terrains stratifiés plus récents sont pincés dans sa masse, et en particulier des quartzites associés à des minerais de fer; en outre se montrent des roches massives : granites, syénites, gabbros, etc.

Au Nord de Jitomir, puis entre cette ville et Kiev, on rencontre au fond des vallées des roches éruptives anciennes, qu'on désignait autrefois sous le nom de labradorites et pour lesquelles Kroustchov a créé le terme de « Perthitophyres »[1]. L'affleurement le plus occidental connu du terrain archéen se trouve près de Chepetovka (vers 27° de long. E., entre les rivières Goryn et Sloutch); non loin de là, sur le Sloutch, Laskarev a trouvé du gneiss dirigé N. 300° W.[2]. Près d'Ostropol en Volhynie, un gneiss à hypersthène en bancs verticaux suit, d'après Mikloukha-Maklay, la direction N.-S., qui, au Sud-Ouest de Jitomir, passe à N.N.W. (*hora* 10 $^1/_2$), et plus près de cette ville à N.W. (*hora* 9)[3].

Au Sud du Dniepr, Domher a trouvé dans le gouvernement de Kherson que la direction du gneiss est N.W. « ou plus exactement N.N.W. »[4], et d'après les levés de Sokolov, on observe dans les gneiss de ce gouvernement une direction méridienne, avec déviations vers l'E. et beaucoup plus souvent vers l'W., de sorte que la direction N.N.W. est indiquée comme dominante[5]. En suivant les bords du Dniepr entre Novo-Georgievsk et Iékaterinoslav, le terrain archéen, d'après Piatnitzky, s'oriente presque sans exceptions au N.W.[6].

Pour la connaissance des directions, un intérêt particulier s'at-

1. K. v. Chrustschoff, *Ueber die sogenannten Labradorite Volhyniens* (Tschermak, Min. u. Petrog. Mittheil., Neue Folge, IX, 1888, p. 470-527, pl. X); signale la direction N.W., sauf une longue bande orientée N.E. sur la rivière Ouz; mais comme il s'agit de roches éruptives et en partie de filons, je n'ai pas tenu compte de ces indications.

2. V. Laskarew, *Recherches géologiques au partage des eaux entre le cours supérieur de la Goryn et de la Sloutch*, r. f. (Bull. Comité Géol., XVIII, 1899, p. 161-194; notamment p. 189).

3. M. N. Mikloukha-Maklay, *Description géologique des cercles de Novograd-Voliinsk et de Jitomir dans le gouvernement de Volhynie*, r. (Matériaux pour la Géol. de la Russie, XIV, 1890, p. 1-91, pl. I-III, dont 1 carte; en particulier p. 13, 14, 16).

4. V. A. Domher, *Rapport préliminaire sur les observations géologiques faites pendant l'été de 1883*, r. (Bull. Comité Géol., III, 1884, p. 183-214; en particulier p. 90).

5. N. Sokolow, *Hydrogeologische Untersuchungen im Gouvernement Cherson*, r. a. (Mém. Comité Géol., XIV, n° 2, 1896, p. 227, etc., carte).

6. P. P. Piatnizky, *Compte-rendu préliminaire d'une excursion le long des rives du Dniepr entre Novo-Georgievsk et Iékaterinoslav*, r. (Trav. Soc. des Naturalistes à l'Univ. de Kharkow, XX, 1886. p. 104-110). Aux environs de Kamennopototsk règne, par exception, la direction N.E.; près de Krementchoug, d'après Lewakowski, on trouve les deux directions, N.E. et N.W.; aux rapides entre Krementchoug et Iékaterinoslav, la direction N.W. prédomine, d'après P. Krotoff, *Einige Bemerkungen über die Tektonik des Dnjprowschen kristallinischen Gesteinstreifens*, r. a. (Krichtafovitsch, Annuaire géol. et minéralog. de la Russie, I, n° 2, 1897, p. 30-37).

tache aux quartzites et aux talcschistes associés à des minerais de fer de Krivoï-Rog, sur l'Ingouletz. Ils occupent le fond de synclinaux longs et étroits, pincés dans le gneiss. Leur allure a été étudiée avec soin, à cause de la présence de ces gîtes minéraux. Près de la localité de Krivoï-Rog, leur direction semble passer graduellement de N. à N.N.E. ; d'après Sokolov, il se produit vers le Nord une séparation des bandes, dont la plupart tournent au N.N.W. D'après les données de Monkowski, la direction méridienne règne au Nord de Krivoï-Rog; l'ensemble dessine une courbe légèrement concave du côté de l'Ouest, résultant d'une pression exercée sur les roches archéennes de l'Est à l'Ouest. Ces observations embrassent une distance de 60 à 70 kilomètres environ, du Nord au Sud[1].

Près d'Alexandrovsk, au coude du Dniepr, la direction du gneiss, d'après Sokolov, oscille entre N.N.W. et N.N.E.[2].

Nous devons au même observateur, qui a tant fait pour la connaissance exacte du Sud de la Russie, une carte de la partie occidentale du territoire archéen situé au Nord de la Mer d'Azov. Sur cette carte, la direction N.W. ou N.N.W. est indiquée comme se présentant sinon toujours, du moins d'une façon tout à fait prépondérante. Les quartzites métallifères existent également dans cette région; au Sud-Ouest de Berdiansk, au voisinage de la Mer d'Azov, la direction N.N.W. y domine[3].

Plus à l'Est, dans le district de Marioupol, Morozewicz a trouvé un développement remarquable de roches massives, en particulier de syénite; ce géologue y a découvert en outre, et la chose est assez inattendue, des laves d'épanchement basaltiques et andésitiques, et aussi des tufs andésitiques. Sauf une seule exception, ces pointements jalonnent la limite entre la région archéenne et les couches houillères du bassin du Donetz, et au-dessus de laccolithes d'andésite viennent des lambeaux de sédiments paléozoïques. Ces roches éruptives

1. Les gîtes de Krivoï-Rog ont été décrits à plusieurs reprises ; je me contenterai de citer : N. Sokolow, *Recherches géologiques dans la partie nord du rayon métallifère de Kriwoï Rog et le long de la rivière Joltaïa*, r. f. (Bull. Comité Géol., XV, 1896, p. 201-223, carte, p. 203), et Tsch. Monkowski, *Zur Geologie von Krivoi-Rog* (Zeitschr. f. prakt. Geol., herausgeg. v. Krahmann, 1897, p. 374-378 : trad. de K. Milkowski, carte dans le texte, p. 182). Monkowski pense que les bandes septentrionales ont pu subir un rejet (Blatt?) qui les aurait déplacées vers l'Ouest. La carte de Chimanovsky (Gornyi Journal, 1892, IV, pl. II) indique une direction N.N.E.

2. N. Sokolov, *Recherches hydro-géologiques dans le district Alexandrovsk, gouvernement d'Iekaterinoslav*, r. f. (Bull. Comité Géol., XV, 1896, p. 157-188).

3. N. Sokolow, *Allgemeine Geologische Karte von Russland, Blatt 48. Melitopol, Berdiansk, Perekop, Berislawl*, r. a. (Mém. Comité Géol., IX, n° 1, 1889, VIII-261 p., 1 carte); *Note sur les gisements des minerais de fer dans le district de Berdiansk, du gouvernement de Tauride*, r. f. (Bull. Comité Géol., IX, 1890, p. 123-144).

post-carbonifères indiquent l'existence d'une zone de dislocation à la limite du terrain houiller. A l'Ouest de cette région, les gneiss sont découpés en horsts et en fossés[1].

9. Résumé. — Le résultat des nombreux détails qui précèdent est le suivant :

La plate-forme russe, constituée par des plis précambriens arasés, s'étend de la Mer Glaciale à la Mer d'Azov et jusqu'au 27° de long. E. Vers l'Ouest, ses limites ultérieures sont indéterminées. Du Sud jusque par delà le lac Onéga vers le Nord, la direction N.N.W. ou N.W. est très prépondérante, et en Finlande, ainsi que dans tout le Nord d'une façon générale, la direction N.N.W., plus voisine du méridien, prédomine. Mais vers la côte Pomorskaïa, sur la Mer Blanche, on voit s'introduire la direction N.N.E. et même E.N.E. La bande de granulite du lac Enare a la forme d'un croissant, dont l'allure rappelle tout à fait celle de l'arc de la Novaïa Zemlia.

La disposition générale des lignes directrices est analogue à celle que l'on observe dans la chaîne beaucoup plus récente de l'Oural, et *l'Oural peut être défini : une formation posthume, conforme au plan primitif*. Il en va de même pour le faisceau Timan-Kanin.

La partie méridionale de la plate-forme est sillonnée de dislocations plus jeunes, orientées W.N.W., qui sont parallèles au Caucase et s'écartent des directions anciennes de ce domaine. Karpinsky, depuis longtemps, a non seulement reconnu ce contraste, mais il a vu aussi que les divers compartiments archéens de la plate-forme jouent le rôle de horsts, modifiant l'allure des plis plus récents : la courbure du Caucase à la Crimée, en particulier, serait probablement déterminée par le horst d'Azov[2].

Ce sont les prolongements des dislocations W.N.W. qui ont été désignés sous le nom de « lignes de Karpinsky » (I, p. 611, fig. 89, *m m*). On y constate des mouvements postérieurs au terrain crétacé. Le pointement inattendu d'anamésite de Rovno, en Volhynie, et la présence d'intrusions volcaniques plus récentes sur le bord nord-est du horst d'Azov, vers la limite du bassin carbonifère du

1. J. Morozewicz, *Sur la composition lithologique du plateau granitique de Marioupol*, r. f. (Bull. Comité Géol., XVII, 1898, p. 133-167); du même, *Recherches géologiques dans le district de Marioupol*, r. f. (Ibid., p. 287-295), et *Recherches géologiques dans le district de Berdiansk*, r. f. (Ibid., XVIII, 1899, p. 371-382).

2. A. Karpinsky, *Sur le caractère général des mouvements de l'écorce terrestre dans la Russie d'Europe*, r. (Bull. Acad. Imp. Sc. St-Pétersbourg, 5e sér., I, 1894, n° 1; en particulier p. 18, note 20).

Donetz, indiquent qu'il s'agit là, en partie, de dislocations très profondes.

10. Les lignes calédoniennes. — Sur le bord de l'Océan Atlantique, à l'Ouest des grands chevauchements calédoniens (II, p. 111), subsiste un fragment de l'avant-pays primitif. Il comprend les Hébrides occidentales, et en particulier l'île de Lewis, puis quelques promontoires de l'Ouest de l'Écosse et un certain nombre d'îles intermédiaires (II, p. 113, fig. 23).

Le terrain le plus ancien de ce domaine est le « Lewisian Gneiss ». A ses plissements prennent part, sur le Loch Maree, des schistes anciens qui sont assimilés à l' « Algonkien » inférieur. La surface de ces roches plissées est profondément érodée, et au-dessus vient en discordance très marquée le grès brun de Torridon, qui n'est pas plissé. Son rôle est donc analogue à celui qui revient au grès de Dal en Suède, à la série « jotnienne » en Finlande, et peut-être aussi aux étages *A* et *B* de Barrande en Bohême.

Dans le Sutherland et le comté de Ross, on voit des vallées d'érosion de 2 000 à 3 000 pieds de profondeur dans lesquelles ce grès est venu se loger[1].

Le gneiss le plus ancien est recoupé par d'innombrables filons, presque toujours basiques (direction W.N.W.), qui sont l'indice d'un morcellement linéaire de tout le territoire gneissique. Ils sont suivis par un groupe de dykes très basiques (direction E.-W.), et enfin apparaissent des intrusions granitiques et syénitiques. Toutes ces formations sont postérieures au plissement des gneiss et des schistes anciens, et antérieures au grès de Torridon[2].

Sur ce « vorland » des Hébrides s'avancent les écailles calédoniennes, dont nous avons déjà parlé. Elles ont été poussées du S.E. au N.W. Les surfaces de discontinuité suivant lesquelles a eu lieu ce glissement sont d'ordinaire peu inclinées sur l'horizon, mais

1. *Report on the Recent Work of the Geological Survey in the North-West Highlands of Scotland, based on the Field-Notes and Maps of Messrs.* B. N. Peach, J. Horne, W. Gunn, C. T Clough, L. Hinxman, *and* H. M. Cadell; *communicated by* A. Geikie, *Director-General* (Quart. Journ. Geol. Soc., XLIV, 1888, p. 378-441). Voir en outre : B. N. Peach and J. Horne, *The Olenellus Zone in the North-West Highlands of Scotland* (Ibid., XLVIII, 1892, p. 227-242, pl. V); A. Geikie, *Annual Report of the Geological Survey for the Year ending Dec. 31, 1892* (40 th Rep. of the Science & Art Dept., 1893, p. 259 et suiv.); *Annual Report... for 1893*, p. 262 et suiv. [Voir aussi J. Horne, *Recent advances in Scottish Geology* (Report 71 th Meeting British Assoc. Adv. Sc., Glasgow, 1901, p. 615-631; reprod. Geol. Mag., Dec. 4, VIII, 1901, p. 452-470).].

2. Arch. Geikie, *The History of Volcanic Action in the Area of the British Isles* (Anniv. Presidential Addresses Geol. Soc. of London, 1891 and 1892); et *The Ancient Volcanoes of Great Britain*, 2 vol. in-8°, London, 1897.

il arrive parfois qu'elles se redressent brusquement. Les mouvements paraissent avoir été intermittents; c'est ce qui résulte du fait qu'un chevauchement est quelquefois recoupé par un autre, et que des intrusions volcaniques se sont produites dans l'intervalle[1].

Une circonstance, en particulier, est très importante : c'est *qu'il existe dans les bandes calédoniennes des roches provenant d'une transformation de roches de l'avant-pays*. A M. Lapworth revient le mérite d'avoir montré le premier que le gneiss oriental ou « calédonien » représente un mélange de gneiss « hébridien », de terrains sédimentaires et de roches éruptives plus récentes, le tout modifié par les mouvements orogéniques[2]. Les travaux du *Geological Survey* ont établi, de même, que des lambeaux de grès de Torridon sont encastrés dans les écailles calédoniennes, qu'ils passent aux « Moine schists » et contribuent pour une large part à la formation des roches calédoniennes de l'Est[3].

A une plus grande distance du bord externe des écailles calédoniennes, la majeure partie des horsts écossais est formée de roches ayant subi un métamorphisme dynamique intense, et s'étendant du Nord-Ouest de l'Irlande jusqu'à la Mer du Nord. Arch. Geikie les désigne sous le nom collectif de « Dalradian »[4]. Au cours de ces dernières années, on est parvenu à distinguer dans ces roches profondément modifiées toute une série d'étages siluriens (fig. 86). Ce groupe renferme d'ailleurs des intercalations nombreuses de diorite, d'épidiorite, de schistes amphiboliques, de schistes verts, et aussi des filons intrusifs de diabase. La pierre ollaire qu'on y rencontre est

1. *Report on the Recent Work of the Geological Survey in the North-West Highlands of Scotland*, etc., 1888, p. 412, 436. Au début, on n'avait constaté que des écailles, sans aucun plissement ou renversement; d'où l'on concluait qu'il s'était produit des phénomènes différents de ceux observés sur le bord d'autres régions plissées. Mais depuis, on a trouvé aussi de grands renversements, en particulier sur le Loch Carron (*Annual Report for 1892*, p. 261). Voir sur ce point : H. M. Cadell, Trans. Royal Soc. Edinburgh, XXXV, pt. 7, 1888, p. 342; Marcel Bertrand, *Les Montagnes de l'Écosse* (Revue générale des Sciences, III, 1892, p. 817-824); A. Rothpletz, *Geotektonische Probleme*, in-8°, Stuttgart, 1894, p. 100; A. Penck, *Geomorphologische Probleme aus Nordwest-Schottland* (Zeitschr. Ges. f. Erdkunde, Berlin, XXXII, 1897, p. 161 et suiv., pl. 6). Il va de soi que la discontinuité se produit de préférence le long des bancs les moins résistants, dont la direction coïncide à peu près avec celle de la poussée. Geikie a montré que ces chevauchements peuvent se produire suivant le plan de filons intrusifs, quand leur inclinaison est favorable; il arrive alors que la roche éruptive est réduite en miettes, tandis que les terrains sédimentaires encaissants sont épargnés.

2. M. Callaway, qui regardait à l'origine le gneiss oriental comme un produit indépendant, s'est également rallié plus tard à cette interprétation; C. Callaway, *The Present State of the Archæan Controversy in Britain* (Geol. Magazine, Dec. 3, VI, 1889, p. 323).

3. Annual Report for 1893, p. 264.

4. Arch. Geikie, *Anniversary Adress Geol. Society, 1891*, p. 72-75.

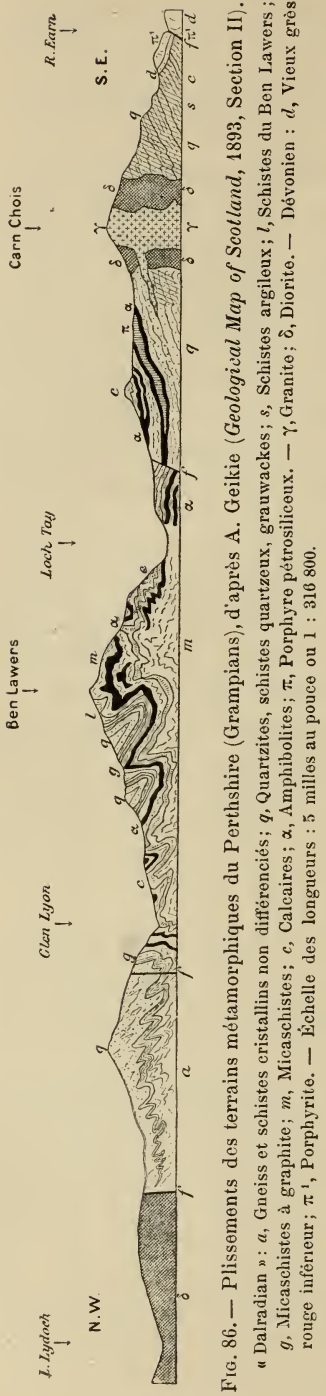


Fig. 86. — Plissements des terrains métamorphiques du Perthshire (Grampians), d'après A. Geikie (*Geological Map of Scotland*, 1893, Section II). « Dalradian » : *a*, Gneiss et schistes cristallins non différenciés ; *g*, Quartzites, schistes quartzeux, grauwackes ; *s*, Schistes argileux ; *l*, Schistes du Ben Lawers ; *g*, Micaschistes à graphite ; *m*, Micaschistes ; *c*, Calcaires ; *α*, Amphibolites ; *π*, Porphyre pétrosiliceux. — *γ*, Granite ; *δ*, Diorite. — Dévonien : *d*, Vieux grès rouge inférieur ; π^1, Porphyrite. — Échelle des longueurs : 5 milles au pouce ou 1 : 316 800.

comparée à celle de Trondhjem, et on l'utilise comme en Norvège pour des usages architectoniques.

La présence en grandes masses, dans les couches paléozoïques inférieures, de roches éruptives principalement basiques, dont l'importance ne diminue guère qu'à partir du Silurien supérieur, est caractéristique pour le développement de ces formations dans la Grande-Bretagne. Il y a là un contraste frappant avec les terrains paléozoïques horizontaux des bords de la Baltique.

11. Le chevauchement scandinave (II, p. 75-96). — Dans le domaine dont nous abordons l'étude, les dernières années ont amené de grands progrès, et il sera nécessaire, pour la clarté de l'exposition, de reproduire ici certains détails déjà signalés précédemment.

Tout le monde admet que les plis calédoniens se prolongent par les îles Orcades et Shetland vers la Norvège. Judd, qui a étudié les cassures marginales du Nord-Est de l'Écosse, pense même que la séparation de la Scandinavie et de la Grande-Bretagne ne s'est peut-être produite que depuis l'apparition de l'Homme. Reusch, à qui l'on doit une excellente carte des îles du Sud-Ouest de la Norvège, dit que les plis de l'Écosse et ceux de la Norvège forment sûrement un même système, qui n'est interrompu que par la dépression de la Mer du Nord[1].

Un coup d'œil sur la carte montre

1. Judd, *Address British Association*, Sect. C, Aberdeen, 1885, p. 1008 ; H. Reusch, *Bömmelöen og Karmöen med omgivelser geologisk beskrevne*,

d'ailleurs que, du moins dans le Sud de la Norvège, on ne peut guère chercher le prolongement de la zone externe d'Erriboll, mais seulement celui des parties de l'édifice calédonien situées plus à l'Est. De fait, ces montagnes norvégiennes présentent de nombreuses analogies avec l'Écosse, tandis que sous d'autres rapports on remarque un contraste difficile à expliquer. En général, elles sont plus profondément dégradées que les monts écossais, sans cependant être aussi complètement rasées que les plis de l'Oural oriental; le stade d'érosion dans lequel elles se trouvent paraît être propre à nous renseigner sur les relations, si rarement observables, entre une chaîne plissée et un plateau adjacent. C'est à A. E. Törnebohm que revient le mérite très grand d'avoir ouvert la voie, par une hypothèse des plus hardies, à l'interprétation de la structure de cette région[1].

La ceinture horizontale des couches paléozoïques, commençant avec les sédiments cambriens, se poursuit du Golfe de Finlande, par les îles d'Åland et l'Uppland, Dagö et Œsel, à Gotland, à Œland et sur la côte occidentale du détroit de Kalmar[2]. Cette ceinture, morcelée en lambeaux, se retrouve en Scanie (II, p. 69, fig. 11); d'autres fragments affaissés occupent la fosse qui s'étend de Kristiania jusqu'au lac Mjösen (II, p. 71, fig. 12). Dans l'intérieur du pays affleurent les terrains précambriens, mais au-dessus, on voit également çà et là des lambeaux épargnés par la dénudation générale, grâce à la présence de failles, ce qui montre que tout le bouclier a dû être recouvert jadis par ces couches cambriennes et siluriennes. On observe souvent des cassures et des affaissements, mais jamais de plissements, à l'exception peut-être d'un anticlinal surbaissé aux îles d'Åland[3]. Après avoir traversé une partie notable de la largeur de la péninsule, on arrive au glint, qui court du Sud au Nord sur toute sa longueur, c'est-à-dire sur plus de 10 degrés de latitude, sous la forme d'un imposant escarpement, profondément découpé d'ailleurs par l'érosion.

Sur toute la longueur du glint, ou du moins du Hardangervidda

udgivet af den geologisk Undersögelse, gr. in-8°, Kristiania, 1888, 422 p., 3 cartes; en particulier p. 420.

1. A. E. Törnebohm, *Om fjällproblemet* (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., X, 1888, p. 328-336); *Om hogfjällsqvartsiten* (Ibid., XIII, 1891, p. 37-44); *Försök till en tolkning af det nordligaste Skandinaviens fjällgeologi* (Ibid., XV, 1893, p. 81-94); voir aussi même recueil, XVI, 1894, p. 161, etc., et surtout le mémoire d'ensemble du même auteur : *Grunddragen af det Centrala Skandinaviens Bergbyggnad* (K. Sv. Vetensk.-Akad. Handl., Stockholm, XXVIII, n° 5, 1896, 212 p., 4 pl. dont 1 carte géol.). [Voir anssi A. G. Högbom, *Sur la tectonique et l'orographie de la Scandinavie* (Annales de Géogr., XI, 1902, p. 117-133, pl. V : carte).]

[2. Voir la *Carte géologique internationale de l'Europe*, feuille 18 (D III), Berlin, 1901.]

3. C. Wiman, *Ueber das Silurgebiet des Bottnischen Meeres* (Bull. Geol. Institution Univ. of Upsala, ed. by Hj. Sjögren, I, 1892-1893, p. 65-75).

(60° de lat. N.) jusque dans les Lappmarken, au delà du 68° de lat. N., la présence du terrain cambrien est démontrée par des fossiles. Sur un grand nombre de points, en particulier dans le Jemtland, on connaît en outre, au-dessus du Cambrien, des couches siluriennes. Entre 61° et 64° de lat. N., la coupe, d'après les indications détaillées de Törnebohm (II, p. 80), est la suivante : 1° à la base se trouve la « Sparagmite », c'est-à-dire un grès quartzeux, feldspathique, dont l'épaisseur atteint 900 mètres entre le Gudbrandsdal et le Glommen, mais diminue assez rapidement ensuite ; 2° au-dessus, le calcaire de Biri, souvent dolomitique, atteint 300 mètres, et parfois même 500 ; 3° puis vient la Sparagmite supérieure, dont la puissance est de 1 000 mètres dans le Rendal. Ces trois étages, qui selon toute probabilité sont plus récents que le grès de Dal, recouvrant le terrain primitif à l'Est du glint, n'ont encore fourni aucun débris organique. Au-dessus vient un conglomérat, désigné sous le nom de « Quartz bleu », qui se rattache intimement à des couches cambriennes fossilifères, et sur ce conglomérat repose la série silurienne, dont Högbom et Wiman ont fait connaître la coupe dans le Jemtland. Cette série monte jusqu'au Silurien supérieur, exactement jusqu'aux schistes à Graptolithes qui surmontent l'horizon du calcaire à Pentamères de Kristiania[1].

On peut dire que les sédiments cambriens et siluriens qui s'étendent au pied et dans les contreforts du glint présentent le faciès des dépôts contemporains de Kristiania et du lac Mjösen, ainsi que de la ceinture silurienne de la Baltique, avec intercalation à la base de sédiments non fossilifères très épais. Dans la ceinture baltique, les couches ont une allure tranquille ; il en est de même en avant et au-dessous du glint, et de part et d'autre, la série surmonte en discordance le terrain primitif du bouclier.

Sur cette série de couches normales repose à plat une seconde série de terrains tout différents. Quelques observateurs ont commencé par y voir un rivage, contre lequel les couches siluriennes normales s'appuieraient par le pied (II, p. 80) ; cette interprétation n'a pas été confirmée. La série en question comprend des quartzites et des phyllades, souvent absolument identiques à la sparagmite, et aussi, sur de grandes étendues, des micaschistes, des schistes amphiboliques et des gneiss. Törnebohm considère ces dernières roches comme de la sparagmite modifiée par pression et les désigne

1. Sur ces coupes, voir aussi C. Wiman, *Kambrisch-silurische Faciesbildungen in Jemtland* (Bull. Geol. Institution Univ. Upsala, III, 1896-1897, p. 269-304, pl. V-VII, dont 1 carte).

sous le nom de « Groupe d'Åre », toute la série de recouvrement étant appelée « *Groupe de Seve* ».

La superposition de ces roches profondément modifiées à des sédiments paléozoïques normaux a été mise hors de doute par de nombreux observateurs (II, p. 95, note 2), et cela sur une distance de 9 degrés de latitude et une largeur pouvant atteindre 90 à 100 kilomètres[1].

Le bord antérieur du glint est souvent découpé en lambeaux (pl. II); le groupe de Seve forme alors le couronnement de ces buttes. Quelquefois, le groupe de Seve est interrompu par l'érosion ou par des inégalités originelles du substratum ; ainsi se produisent des « fenêtres », et par ces fenêtres on aperçoit la succession normale des terrains inférieurs. C'est ce qui a lieu par exemple, dans le Jemtland, à l'Ouest du Kallsjön, pour la chaîne du Mullfjäll, et

1. Plusieurs exemples de la succession des couches dans le glint ont été signalés au t. II, p. 76 et suiv. On peut y ajouter les indications plus récentes qui suivent : 1. *Hardangervidda* (60° de lat. N.) : terrain primitif (granite et gneiss); schistes alunifères (45 à 50 mètres), d'où provient le *Dictyograptus flabelliformis* du Huulberge = zone cambrienne 2*e* de Kristiania; « Blauqvarts » (40 m.); marbre (10 m.) = probablement le calcaire à Orthocères (Silurien inférieur, étage 3); phyllades d'un gris verdâtre (220 m.) = vraisemblablement les schistes à Graptolithes du Gausdal de Björlykke (Silurien inférieur, étage 4); au-dessus, ensemble dont la puissance atteint 300 m. de Hälleflinta, micaschistes, schistes amphiboliques, gneiss, comprenant aussi de la sparagmite et un conglomérat quartzeux au Nord-Est (d'après W. C. Brögger, *Lagfölgen på Hardangervidda*, Norges Geol. Undersög., No. 11, 1893, 142 p. (résumé all[d]), et K. O. Björlykke, *Graptolitförende skiferne i vestre Gausdal*, Ibid., Aarbog for 1891, p. 1-10). — 2. En allant du *Storsjön* vers l'Offerdal et le Kallsjön (63° et 64° de lat. N.) : terrain primitif; Cambrien et Silurien jusqu'au calcaire à Pentamères (Silurien supérieur) et aux schistes à Graptolithes de la Scanie, en couches horizontales ou plongeant à l'Ouest, avec schistosité et traces de pression près d'Offerdal; au-dessus, plus à l'Ouest, le groupe de Seve (schistes d'Åre, gneiss grenatifère, etc.) et par-dessus encore deux grands lambeaux de grès et de schiste que l'on compare au Silurien occidental de Trondhjem (d'après A. G. Högbom, *Geologisk beskrifning öfver Jemtlands län*; Sveriges Geol. Unders., Ser. C, n° 140, in-4°, 106 p., 1 pl., 1 carte, 1894). — 3. Dans le *Norrbotten*, entre 66° et 69° de lat. N., la coupe est analogue. Sur le Ramanvare oriental, on trouve au-dessus du terrain primitif 50 m. de grès à Scolithes; 15 m. d'un schiste à Hyolites d'un vert brunâtre (Cambrien); 30 m. de schiste argileux noir, avec grès quartzeux et conglomérat phosphaté; 90 m. de « schistes de Raman ». Au-dessus, et presque toujours un peu en retrait vers l'Ouest, micaschistes et schistes quartziteux très épais, puis gneiss clair passant au Hälleflinta, ou gneiss ordinaire, zone foncée avec roches amphiboliques, puis série de phyllades formant la masse principale des montagnes, associée à des micaschistes calcaires, etc. Au sommet, roches amphiboliques avec schistes analogues à des éclogites, gneiss et marbre blanc. Il y a des intercalations de roches à olivine (d'après Fr. Svenonius, *Om berrggrunden in Norbottens län*, Sveriges Geol. Unders., Ser. C, n° 126, in-8°, 1 carte, 1892; voir aussi W. Peterson, *Om de geologiska förhållandena i trakten omkring Siangeli kopparmalmsfält i Norbottens län*, Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., XIX, 1897, p. 296-306, pl. 4 : carte; et ailleurs). Pour les intercalations de roches à olivine, voir Svenonius, Geol. Fören. Förhandl., VII, 1884-85, p. 205, et XV, 1893, p. 16. Sur la composition microscopique du lambeau de l'Åreskutan, voir H. Reusch, *En dag ved Åreskutan* (Norges Geol. Undersög., Aarb. f. 1891, p. 22-32).

au Sud-Ouest de celle-ci, pour la longue arête qui se termine au Skarsfjeld. A l'Åreskutan, à l'Est du Kallsjön, les « schistes d'Åre » du groupe de Seve, qui sont à l'état de schistes amphiboliques et de roches gneissoïdes, ont de 1 200 à 1 800 mètres d'épaisseur, et on peut constater à l'Est comme à l'Ouest leur superposition au Silurien fossilifère. L'Åreskutan est donc un lambeau de recouvrement (fig. 87).

En s'appuyant sur ces faits incontestés, Törnebohm a exprimé

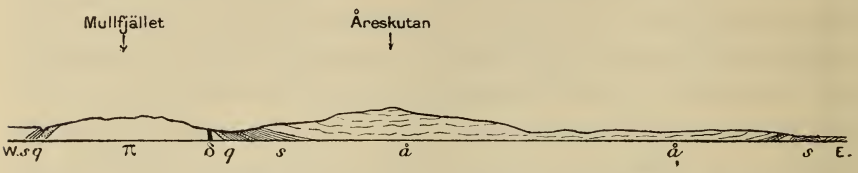


Fig. 87. — Coupe de l'Åreskutan, d'après Törnebohm (*Grunddragen af det central skandinaviska bergbygnad*, 1896, p. 192).

å, Schistes d'Åre; *s*, Silurien; *q*, Quartzite; π, Porphyre; δ, Diabase. — Échelle des longueurs : 1 : 300 000 environ.

l'idée que *toute la masse du groupe de Seve a été poussée par un mouvement tangentiel d'une grande amplitude, de la chaîne plissée située à l'Ouest sur les terrains paléozoïques normaux de l'Est.*

Les roches du glint affectent en général, comme on l'a vu, une

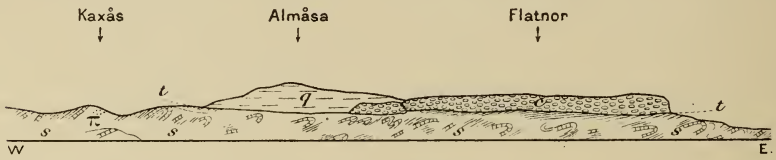


Fig. 88. — Coupe du lambeau de recouvrement d'Ansätten, au Nord d'Offerdal (Jemtland), d'après Högbom (*in* Törnebohm, Mém. cité, p. 191).

g, Quartzites schisteux; *c*, Conglomérat (Seve-Gruppe); *s*, Silurien; π, Porphyre (Archéen); *t t*, Surface de recouvrement. — Échelle des longueurs 1 : 200 000. Hauteur relative du lambeau = 200 m. environ.

allure tranquille. Dans le Jemtland, aux environs du Storsjön, où le groupe de Seve a été enlevé sur une grande étendue, le Silurien normal du substratum est par exception étroitement plissé; ces plis serrés sont même renversés dans la direction du Sud-Est. Or, si l'on considère la coupe du bord sud du lambeau d'Ansätten dans l'Offerdal (fig. 88), publiée par Högbom (angle nord-est de la pl. II), on acquiert l'impression que ce plissement a été lui-même déterminé par le mouvement de la nappe supérieure (« Dachschleppung », charriage).

Au Sud du Gudbrandsdal, le puissant massif ancien de gabbro des Monts Jötun détermine des complications qui n'ont pas encore été éclaircies, mais là encore, on connaît les sédiments paléozoïques normaux du glint. C'est aux environs de Stavanger que ces terrains atteignent la mer, au Sud. Ils arrivent ainsi au voisinage d'une seconde bande paléozoïque, qui commence à émerger au Sud-Ouest, dans l'île Karmö, et qui présente tous les caractères essentiels de la grande chaîne plissée de l'Ouest.

Tandis que les couches cambriennes et siluriennes du glint affectent le faciès baltique, la série occidentale se distingue par le grand développement de roches éruptives de couleur verte, analogues aux gabbros, et de tufs verts. Autant elle s'éloigne ainsi du type réalisé dans le glint, autant elle se rapproche par là du faciès des terrains d'Écosse. Mais la comparaison des faunes est malaisée, parce que, grâce au profond métamorphisme dynamique des roches, les fossiles sont rares et leur état de conservation défectueux.

A partir de Karmö, des roches dioritiques et des schistes verts stratifiés se poursuivent à travers les îles, vers le Nord, dans la direction de Bergen (fig. 89); Reusch a décrit ces schistes, en les attribuant, d'après ses découvertes paléontologiques à Bömmelö et à Storen, au Silurien moyen et supérieur. Il y a aussi des roches éruptives acides. En même temps, les gneiss et les micaschistes argileux s'infléchissent au N.N.E. dans la direction du Hardangerfjord. Près de Bergen se produit alors un recourbement en demi-cercle (II, p. 95) [1]. Quant au territoire situé plus au N., à l'Ouest des Monts Jötun, je ne dispose pas, en ce qui le concerne, de données récentes. C'est sur le bord septentrional de ce massif que nous atteignons la contrée qui a fait l'objet du dernier mémoire de Törnebohm (pl. II).

La vaste région — véritable ruine d'une grande chaîne plissée — qui s'étend au N.N.E. du Dovre, jusqu'au delà de l'extrémité du Snåsen Vand, a été désignée par Kjerulf sous le nom de *Trondhjemfältet*. Seules, les racines de synclinaux allongés indiquent la direction des anciennes rides. Leurs axes ou « lignes nucléales », comme Törnebohm les appelle, convergent au N.N.E. L'un de ces synclinaux court au Nord du Beitstadfjord et du Snåsen Vand. Le second est visible entre le Beitstadfjord et le fjord de Trondhjem et est recoupé par le débouché de ce dernier. Le troisième, plus réduit, est situé dans le prolongement du fjord de Trondhjem à l'W.S.W. Le qua-

1. H. Reusch, *Bömmelöen og Karmöen med omgivelser geologisk beskrevne;* udgivet af den Geol. Undersög., gr. in-8°, 422 p., 3 cartes, Kristiania, 1888.

trième, vers l'W.S.W., part de la rive méridionale de ce fjord et vient se confondre dans sa partie septentrionale, à l'Est de Trondhjem, avec la grande cuvette médiane, qui de Grönningen, à l'Est du Snåsen Vand, s'étend vers le Sud-Ouest jusqu'au voisinage des Monts Jötum.

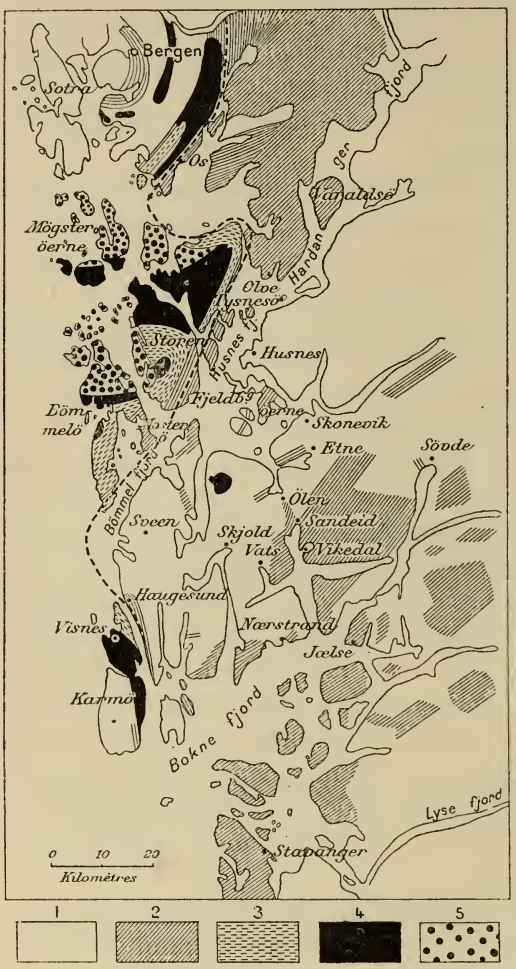


Fig. 89. — Côte occidentale de Norvège entre Bergen et Stavanger, d'après H. Reusch (Neues Jahrb. f. Min., Beilage-Bd. V, 1887, p. 53).

1. Gneiss et granite ancien ; 2. Micaschistes argileux ; 3. Schistes verts, etc. ; 4. Roches dioritiques ; 5. Granite éruptif. — Échelle de 1 : 1 500 000.

Entre ces synclinaux s'élèvent de larges massifs de roches archéennes, affectant la forme de dômes aplatis. Il est très intéressant de constater qu'en dépit des contours arrondis de ces masses cristallines, la chaîne, comme l'indique l'allure des synclinaux, doit néanmoins avoir été disposée en coulisses. Dans ces étroits synclinaux, les roches se montrent fortement comprimées, et la plupart du temps elles sont presque verticales ; dans la grande cuvette médiane, elles paraissent affecter l'allure d'un éventail plus ou moins régulier, dont l'axe est rejeté vers l'Est.

Le terme inférieur de la série plissée est formé par le groupe des schistes d'Åre. Au-dessus viennent les schistes de Röros, qui sont à l'état tantôt de schistes argileux, et tantôt de micaschistes à sidérite ou de quartzites micacés, se chargent parfois de hornblende et ont l'aspect de schistes tachetés (*Garbenschiefer*). On les retrouve

également en dehors des plis, par exemple couronnant le lambeau d'Ansätten. Je ne suis pas en mesure de faire connaître en détail la coupe de la série très épaisse de schistes et de grès, et aussi de calcaires dans le Silurien supérieur, qui surmonte les schistes de Röros. Dans le groupe de Seve se montrent des gabbros à biotite et à hypersthène, plus développés encore dans le Silurien inférieur, où les schistes verts jouent aussi un rôle considérable. On retrouve ces roches, mais moins abondantes, dans le Silurien supérieur. Elles ont été également affectées par le plissement. Par contre, les pointements isolés de granite récent (indiqués en noir sur la pl. II) qui affleurent au centre de la cuvette médiane n'ont pas été soumis à cette influence dynamique.

En certains points, on voit des lambeaux de grès d'un gris verdâtre, le « groupe d'Ekne » de Törnebohm, recouvrir les plis en discordance; ces grès sont plus récents, mais leur allure n'en est pas moins disloquée. Peut-être sont-ils d'âge dévonien et représentent-ils la discordance calédonienne.

Nous avons déjà donné quelques détails sur le prolongement de la chaîne plissée vers le Nord (II, p. 81). Vogt a établi qu'à partir du 65° de lat. N., des marbres blancs, accompagnés de micaschistes, prennent une part bien plus grande à la constitution des plis qu'on n'aurait pu s'y attendre d'après la structure des environs de Trondhjem. Des bandes de ces marbres, qui atteignent jusqu'à 1000 mètres d'épaisseur, apparaissent au Valfjord par 65° 20′ de lat., orientées N.N.E. ou N.E., et continuent dans l'intérieur des montagnes jusqu'à Vefsen; elles se prolongent ensuite par Ranen à travers le Dunderlandsdalen, à l'Est du Svartisen, puis traversent à l'Ouest du Sulitelma la partie orientale du Saltenfjord et, par 68° 30′, coupent en biais d'une manière analogue le fond de l'Ofotenfjord[1].

Au Nord du 67° de lat. N., on obtient une image particulièrement nette de l'état des choses : là, en effet, les études de Sjögren sur les environs du Sulitelma[2] se rattachent vers l'Est aux levés méthodiques de Svenonius, qui s'étendent jusqu'aux parties les plus septentrionales de la Suède[3], et Holmquist a décrit avec détail toute la

1. J. H. L. Vogt, *Norsk marmor*. Med « Résumé in deutscher Sprache » (Norges Geol. Undersög., No. 22, 1897, 364 p., 6 pl., cartes); et *Dunderlandsdalens jernmalmfelt* (Ibid., Nr. 15, 1894), etc.

2. Hj. Sjögren, *Om Sulitelmakisernas geologi* (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., XVI, 1894, p. 394-437), et *Nya Bidrag till Sulitelma-kisernas geologi* (Ibid., XVII, 1895, p. 189-210, pl. 4-10, dont 1 carte).

3. F. Svenonius, *Om Berggrunden i Norbottens Län* (Sveriges Geol. Undersökn.-Ser. C, Nr. 126, 43 p., carte, 1892); et *Öfversikt af Stora Sjöfallets och angränsande fjälltrakters geologi, II* (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., XXI, 1899, p. 541-570).

coupe transversale passant par Bodö, le Sulitelma et Kvikkjokk[1].

Un « synclinal de premier ordre », comme dit Holmquist, ou une vallée en coulisse, suivant la terminologie adoptée dans cet ouvrage, s'aligne, remplie de micaschistes, sur une largeur notable, à Bodö, vers le N.N.E., à travers le Saltenfjord. Ce n'est qu'à une cinquantaine de kilomètres de la mer que l'on atteint l'anticlinal parallèle, répondant à une chaîne de marbre. Ensuite vient un nouveau synclinal du même genre, qui s'étend jusqu'aux rives du Langvand. L'on arrive alors au Sultitelma (1877 m.), masse épaisse de gabbro à olivine. Près du pied sud de ce massif, la direction des plis a tourné de N.N.E. à E.-W., et là, on a trouvé dans les schistes des tiges de Crinoïdes. Au delà de la frontière suédoise, on entre dans le domaine du chevauchement, représenté par un grand lambeau de micaschistes et de quartzites. La bande chevauchée n'est pas aussi large qu'au Sud, et cependant son bord oriental, le glint, au voisinage de Kvikkjokk, est à environ 180 kilomètres de Bodö; elle s'y décompose en multiples écailles horizontales, et les surfaces de discontinuité plongent en sens contraire du mouvement, de sorte que la poussée a eu lieu de bas en haut. Dans l'écaille comprise entre le Sulitelma et Kvikkjokk, le mouvement paraît avoir été dirigé un peu plus du Nord au Sud, ce qui détermine la direction E.-W. que l'on voit régner au voisinage du Sulitelma.

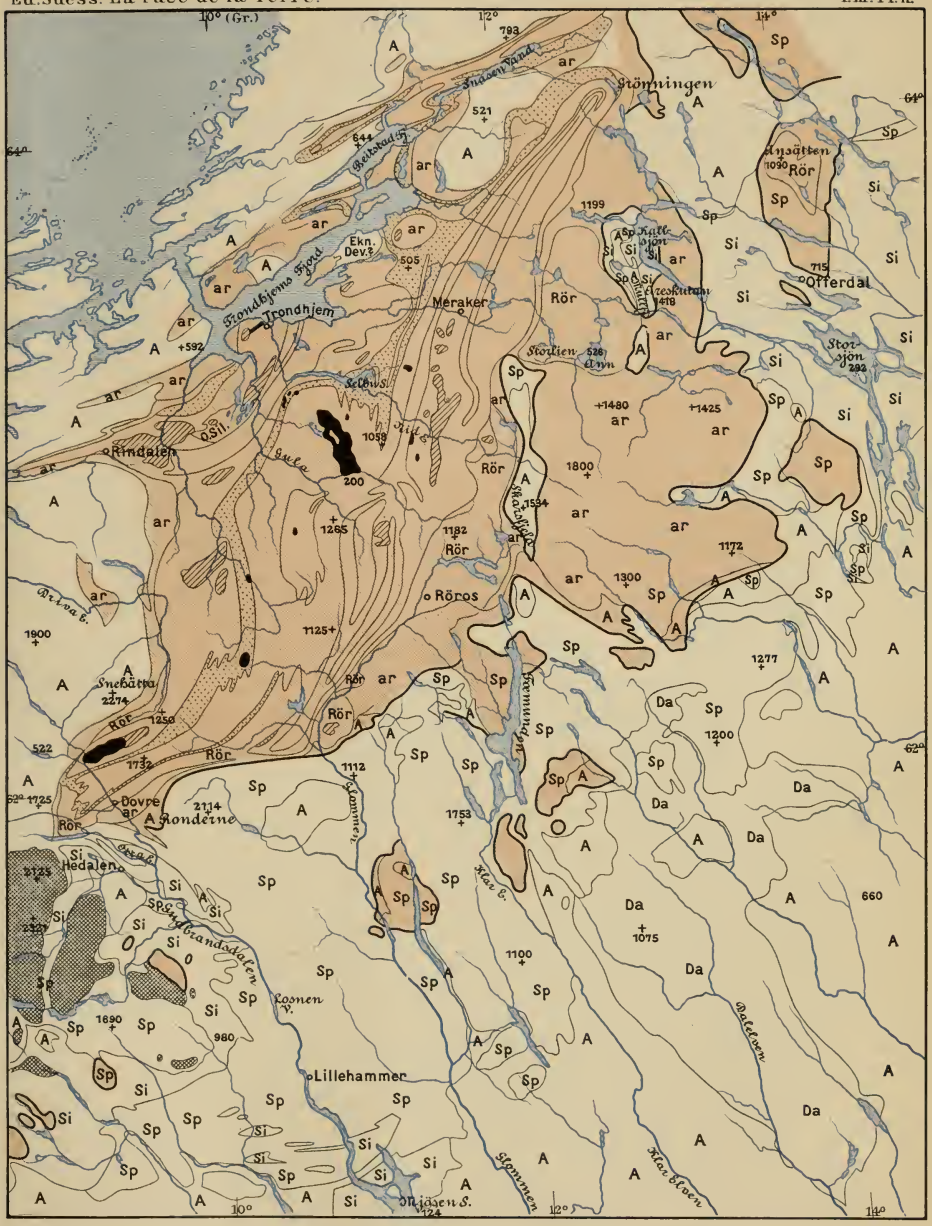
Là encore, le long du glint, on aperçoit sous ces masses de recouvrement les couches cambriennes non dérangées à faciès oriental (série à *Hyolites*), et celles-ci reposent sur le gneiss et le granite du bouclier.

Quelques autres particularités ont déjà été mentionnées. Vogt a trouvé qu'aux *Lofoten* existent les vestiges d'un important district éruptif. L'île Flakstad, certaines portions de Mosknäsön, de Vestvaagö, une grande partie de Langö avec Oeksnäs, quelques points de Hindö sont formés de gabbro à olivine, de labradorite et de syénite augitique. La comparaison que nous avions établie entre les Lofoten et les Hébrides occidentales, en nous appuyant sur des données anciennes (II, p. 85), n'est donc pas fondée. Ces fragments importants de l'archipel ressemblent bien plutôt au massif de gabbro à olivine du Sulitelma, et les Lofoten doivent de même appartenir aux coulisses de la grande chaîne plissée[2].

A partir du 69e degré de lat. N. commence à se montrer une cou-

1. P. J. Holmquist, *En geologisk profil öfver fjellområdena emellan Kvikkjokk och norska kusten* (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., XXII, 1900, p. 72-104, 151-177, 253-272, pl. 3; réimpr. Sveriges Geol. Undersökn., Ser. C, Nr. 185, 100 p., carte).

2. Vogt, *Norsk Marmor*, p. 176-184.



RECOUVREMENTS DE LA SCANDINAVIE CENTRALE

d'après A. E. Törnebohm.

Terrains du Substratum, au Sud-Est (blanc) : A = *Archéen*; Da = *Grès de Dala*; Sp = *Sparagmite*; Si = *Silurien*; ▬ *Gabbro du Jötunfjeld*.

Terrains plissés et Lambeaux de recouvrement (rose) : A = *Archéen*; *Groupe de Seve*: Sp = *Sparagmite*; ar = *Schistes d'Åre*; Rör = *Schistes de Röros* (*Les couches cambriennes et siluriennes plus récentes n'ont pas été distinguées par un symbole spécial*).

▨ *Roches vertes d'origine éruptive*; ▭ *Schistes de Brek*.

Ekn = *Groupe d'Ekne (Dévonien?)*; ▲ *Granite récent*.

Échelle de 1 : 2600000. Hauteurs en mètres.

verture horizontale et discordante de grès sans fossiles (« Gaisa-System » de Tellef Dahll), qui masque de plus en plus la chaîne plissée. Ces grès forment la plus grande partie de la côte, de l'Altenfjord jusqu'au Varangerfjord[1].

12. Rapports entre la Scandinavie et l'Écosse. — A l'interprétation de la structure des montagnes de l'Ouest de la Scandinavie par un grand chevauchement, donnée par Törnebohm, on a objecté que le déplacement d'un compartiment terrestre au-dessus d'un autre dans une direction presque horizontale, sur une longueur de 9 à 10 degrés de latitude et sur une largeur susceptible d'atteindre 100 kilomètres, dépasse tout ce que nous pouvons nous imaginer au sujet des phénomènes dynamiques dont notre globe est le siège. Mais nos conceptions doivent se plier aux faits, et pour ce qui est de ces faits, il ne subsiste guère de divergences sérieuses dans la façon dont on se les représente. On voit nettement, au contraire, qu'il n'existe plus aujourd'hui que les ruines d'un édifice montagneux de proportions encore plus vastes. Brögger insiste sur ce que, très souvent, ce sont les roches occupant les altitudes les plus élevées qui se montrent le plus profondément atteintes par le métamorphisme[2]; et M. Törnebohm attire mon attention sur la présence à Sjangili, au Sud-Ouest du lac de Torneå, au-dessus du terrain primitif du bouclier et d'une sparagmite n'offrant aucune trace visible de compression, d'une série de roches schisteuses et d'un granite violemment comprimé au sommet. Ceci montre que des masses importantes de terrains, qui jouaient le rôle d'une surcharge, ont disparu. On ne sait pas non plus de combien le glint a reculé vers l'Ouest, sous l'influence de l'érosion, depuis l'époque dévonienne; on ignore donc quelle était l'amplitude totale du chevauchement, pas plus qu'on ne sait d'ailleurs jusqu'où il s'étendait vers le Nord et vers le Sud.

Mais sur toute la longueur visible règne la tendance, de la part des parties recouvrantes, à passer vers l'Ouest à une chaîne plissée, consistant en coulisses allongées de direction générale N.N.E. Dans cette chaîne, les anticlinaux et synclinaux de premier ordre (coulisses) sont assez larges, mais de nombreux plis secon-

1. C'est à ce grès que se rapportent les observations de [Reusch et de] Strahan sur l'intercalation de blocs glaciaires; [H. Reusch, *Skuringsmerker og morænegrus efter-vist i Finmarken fra en periode ældre ind « istiden »* (Norges Geol. Unders., Aarbog for 1891, 11 p., English Summary); et] A. Strahan, *On Glacial Phenomena of Paleozoic Age in the Varanger Fjord* (Quart. Journ. Geol. Soc., LIII, 1897, p. 137-146, pl. VIII-X).

2. W. C. Brögger, *Lagfölgen på Hardangervidda*, p. 138 et suiv

daires les accompagnent, et les roches y sont affectées d'un métamorphisme dynamique très marqué. Dans les masses de recouvrement, on observe aussi sans doute des traces de compression, mais ce qui domine, sur de grandes étendues, ce sont les indices d'un étirement extraordinaire (*Auswalzung*).

Holmquist, dont la coupe de Bodö à Kvikkjokk vient d'être men-

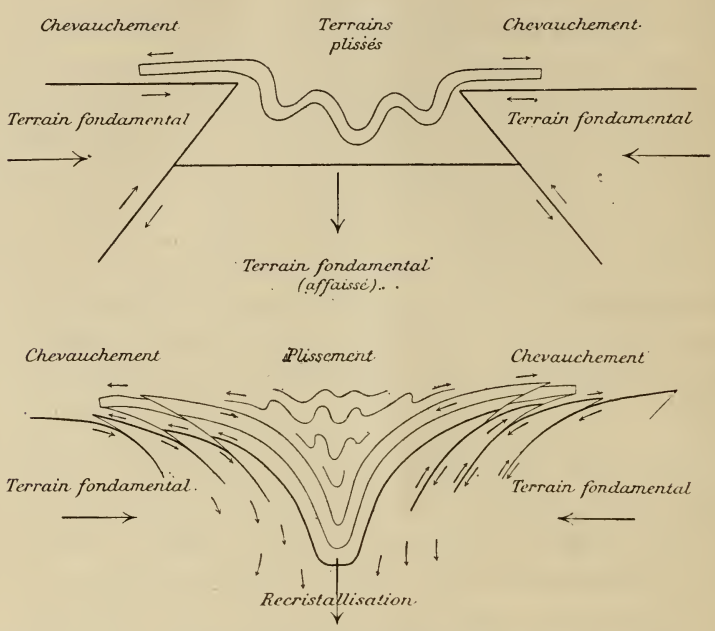


Fig. 90 et 91. — Explication hypothétique du chevauchement scandinave, d'après Holmquist (poussées symétriques).

tionnée, a tenté de donner du phénomène une explication hypothétique qu'illustrent les figures suivantes[1].

Au Nord, le terrain primitif du bouclier plonge plus ou moins brusquement sous le glint. D'ordinaire, les « fenêtres » qui se forment plus au Sud (pl. II) sont également plus rapprochées du bord oriental. A l'Ouest, dans les profondes vallées de la chaîne plissée et sur le bord de la mer, le bouclier n'affleure nulle part : l'inclinaison des couches dans les coulisses, et en particulier l'allure plus ou moins verticale des bandes de marbre, atteste que son prolongement probable doit occuper un niveau très bas au-dessous de la côte occidentale actuelle.

1. P. J. Holmquist, *Bidrag till diskussion om de skandinaviske fjellkedjans tektonik* (Geol. Fören. i Stockholm Förhandl., XXIII, 1901, p. 55-71).

Holmquist admet un affaissement linéaire, symétrique, avec tendance au rapprochement des deux bords (fig. 90 et 91).

Mais comme à l'Ouest, du côté de Trondhjem, le plissement diminue d'intensité, comme de plus, dans toute la péninsule, le maximum d'action dynamique se manifeste vers l'Est, Holmquist pense qu'un affaissement dissymétrique rendrait encore mieux compte des faits (fig. 92 et 93). Il en conclut que, grâce à l'affais-

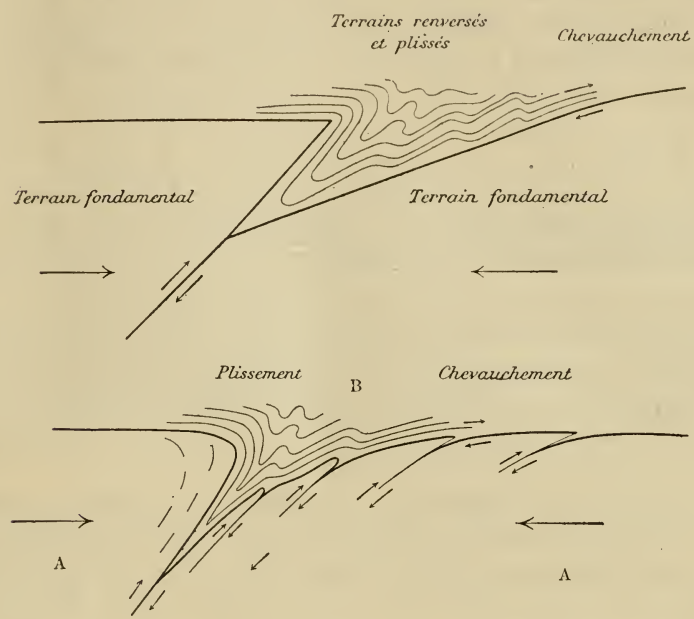


Fig. 92 et 93. — Explication hypothétique du chevauchement scandinave, d'après Holmquist (poussées dissymétriques).

sement ultérieur de la partie orientale (c'est-à-dire du bouclier ou de l'avant-pays), *le recouvrement devient en somme un renfoncement* (Unterschiebung)[1].

Cette conception, à tout prendre, ne résout pas le problème, elle ne fait que le déplacer, en le reléguant à une profondeur inconnue au-dessous de la surface. C'est ce qui paraîtra évident si l'on essaye d'appliquer l'échelle de la nature (100 kilomètres) aux parties horizontales des fig. 92 ou 93. Néanmoins, l'image correspond parfaitement à la descente de toute la masse suivant une courbe unique, plongeant au N.W., qui a été signalée au Nord du 69° de lat. N. (II,

1. Holmquist, Mém. cité, p. 67.

p. 88, fig. 18) et qui, autrement, demeure si difficile à comprendre. Si l'on adapte à l'interprétation première l'hypothèse de Törnebohm, c'est-à-dire si le Rismaalstind et le Hattevarre sont des masses charriées horizontalement dans la direction de l'Est, il semblera bien, en effet, que le mouvement est venu d'en bas, ou que, comme le pense Holmquist, il s'est produit un affaissement et un renfoncement de l'avant-pays.

Le déplacement vers l'E.S.E. qui s'est traduit par le chevauchement de la chaîne scandinave est dirigé en sens inverse de tous les grands mouvements qui ont laissé leurs traces dans l'intérieur de l'Eurasie occidentale. Mais dans son prolongement au S.S.W., en Écosse, il change de sens et prend la direction contraire, celle de l'W.N.W. Là, *cet accident devient le premier terme de l'édifice, plusieurs fois reconstruit, de l'Europe;* et en même temps, *il fait partie du cadre dans lequel les plissements plus récents décrivent leurs courbes* (II, p. 209).

Si l'on veut pousser plus loin l'hypothèse de Holmquist, on peut soit se représenter une fosse, dont le bord oriental serait visible en Scandinavie tandis que le bord occidental se montrerait en Écosse, soit imaginer un second affaissement parallèle, dissymétrique, mais inverse, ou enfin supposer une surface de dislocation unique, tordue, se poursuivant d'une extrémité à l'autre.

Les masses gneissiques précambriennes des Hébrides occidentales demeurent complètement séparées par cette zone disloquée des roches précambriennes du bouclier baltique. Le prolongement en direction de la ligne d'Erriboll passe au milieu de la Mer du Nord, bien à l'Ouest du glint scandinave. Mais les grandes cassures qui morcellent l'Écosse au Sud de cet accident (II, p. 113, fig. 23), quoique plus récentes en partie, affectent une direction analogue. La connaissance de la structure intérieure des horsts écossais acquiert par là un grand intérêt. Dans le plus méridional de ces horsts, les Southern Uplands, Lapworth est parvenu, à force de patience, à subdiviser les roches malgré leurs transformations dynamiques, et Peach et Horne ont donné une description détaillée de la structure du terrain[1].

Dans les Southern Uplands, la direction n'est pas rigoureusement parallèle à la cassure qui passe au Sud d'Edimbourg, mais elle

1. B. N. Peach and J. Horne, *The Silurian Rocks of Britain*, vol. I, *Scotland*, in-8°, XVIII-749 p., 27 pl., 1 carte, Glasgow 1899 (Mem. Geol. Survey); en particulier p. 71 et suiv. — [Pour des traces probables, en Écosse, d'un plissement suivant la direction scandinave, c'est-à-dire vers l'E.S.E., voir le récent travail de G. Barrow : *On the Occurrence of Silurian* [?] *Rocks in Forfarshire and Kincardineshire along the Eastern Border of the Highlands* (Quart. Journ. Geol. Soc., LVII, 1901, p. 328-345).]

se relève un peu plus vers le Nord, conformément à l'orientation générale du système calédonien. Leur partie septentrionale extrême est formée par les étages les plus anciens du Silurien inférieur, le centre par les étages les plus récents de la même série, le bord méridional par le Silurien supérieur. Toutes ces couches sont très étroitement plissées (fig. 94); certains niveaux, repliés verticalement sur eux-mêmes, occupent une largeur qui arrive à être bien plus considérable que leur épaisseur. Les couches du Silurien inférieur, plus puissantes, forment au Nord un éventail s'ouvrant de bas en haut, dont les parties nord-ouest et sud-est s'inclinent vers l'axe,

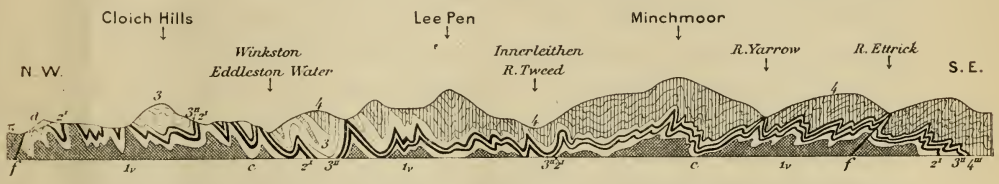


Fig. 94. — Coupe à travers les Southern Uplands au Sud d'Édimbourg, d'après Peach et Horne (*The Silurian Rocks of Britain.* Vol. I, *Scotland*, 1899, Index-Map).

1, Arenig; 2, Llandeilo; 3, Caradoc; 4, Llandovery et Tarannon; *d*, Vieux grès rouge (Dévonien); *v*, Laves siluriennes; *c*, Cherts à Radiolaires; *π*, Laves dévoniennes. — Niveaux à Graptolithes : 2′, Birkhill; 3″, Hartfell; 4‴, Glenkiln. — Échelle des longueurs : 5 milles au pouce ou 1 : 316800.

puis, vers le centre, un second éventail s'ouvrant de haut en bas. A ces couches sont associées de nombreuses intercalations de roches volcaniques, qui ont également été modifiées par les actions dynamiques.

Ces couches siluriennes métamorphiques se prolongent en Irlande; on peut suivre, en particulier, les roches d'épanchement très spéciales et les couches à Radiolaires du groupe d'Arenig (Silurien inférieur) vers le Sud-Ouest, jusqu'au Slieve Bernagh, au Nord de Limerick (52° 45′ de lat. N.). Les transformations dynamiques imprimées aux roches par le ridement calédonien se font sentir jusque-là sans diminuer d'intensité; on arrive ensuite au bord externe du faisceau armoricain, qui traverse toute l'Irlande.

Dans ces parties internes, plus méridionales, de l'édifice calédonien, les terrains cambriens et précambriens ne font pas absolument défaut, d'ailleurs. Toutefois, les opinions sont très partagées en ce qui concerne de nombreux affleurements qualifiés de gneiss, et il n'existe rien qui se puisse comparer aux grandes chaînes de gneiss qu'on rencontre d'ordinaire sur le bord interne des régions où les plissements et les renversements acquièrent une pareille am-

pleur. Au contraire les Southern Uplands, de même que les coulisses occidentales de la Norvège, nous fournissent un bon exemple de ce que peuvent donner des recherches persévérantes dans une région considérée d'abord comme formée de terrains beaucoup plus anciens, et où une minutieuse analyse parvient à reconnaître des sédiments fossilifères, comprimés dans les plis successifs [1].

Cette circonstance peut être invoquée, de même, en faveur de la thèse d'Holmquist. On doit admettre comme un fait établi que les mouvements antédévoniens, depuis le bord armoricain dans le Sud-Ouest de l'Irlande (52° 30′ de lat. N.), à travers toute l'Écosse et la Scandinavie, jusqu'aux traces qui demeurent visibles sous la couverture discordante des grès dans les fjords de l'extrême Nord (jusque vers 70° 30′), représentent les manifestations diverses d'un même phénomène tectonique, caractérisé par une orientation constante au N.N.E., bien que le mouvement soit dirigé vers l'E.S.E. en Scandinavie et vers l'W.N.W. en Écosse. Les extrémités sont masquées au Sud comme au Nord, et il est possible même que la chaîne se poursuive jusqu'au Spitzberg, où l'on retrouve la discordance dévonienne dans le système de la Liefde-Bay (II, p. 100).

13. Conséquences. — En Asie, nous avons distingué : 1° le *faîte précambrien*, prolongé vers l'Est, jusqu'à l'Océan Pacifique, par une série de segments périphériques plus récents, disposés d'une manière harmonique; 2° les *Altaïdes*, partant du faîte récent, l'Altaï, qui au Sud enveloppe de ses branches orientales le faîte primitif, plus à l'Est se confondant probablement davantage avec les segments périphériques du faîte primitif, mais rayonnant vers l'Ouest dans la virgation du Tien-Chan; enfin 3° les *arcs de la bordure méridionale*, dont le plus oriental, l'arc birman, n'est qu'un rameau des Altaïdes.

Dans l'Europe Orientale, ces arcs de bordure (3) ont pour prolongement l'arc tauro-dinarique. Le Caucase appartient aux branches du Tien-Chan (2). *On voit donc que la plate-forme russe fait partie du faîte primitif, — pour préciser, de la moitié dans laquelle sont compris les Monts Saïan.*

C'est ce qu'attestent tous les traits essentiels : la situation

1. Voir par exemple C. Callaway, *The present State of the Archæan Controversy in Britain* (Geol. Magazine, Dec. 3, VI, 1889, p. 319-325); et *On the Origin of some of the Gneissses of Anglesey* (Quart. Journ. Geol. Soc., LIII, 1897, p. 349-359); Grenville A. J. Cole, *On Metamorphic Rocks in East Tyrone and Southern Donegal* (Trans. Acad. Dublin, XXXI, pt. XI, 1900, p. 431-472, pl. XXVI-XXVII); etc.

générale, l'âge précambrien, la direction des plis, constamment orientés N.W. ou N.N.W. dans le Sud, puis plutôt N.N.W. dans le Nord, jusqu'à ce que l'alignement N.N.E. apparaisse encore plus au Nord, enfin la ressemblance avec les guirlandes insulaires. *Le plan primitif, qui s'était soustrait à nos regards sur les rives du Iénisséi, reparaît au jour.* En même temps s'affirme une fois de plus l'extraordinaire constance des directions dans les parties les plus anciennes de l'écorce terrestre, fait qui avait attiré l'attention de Richthofen en Chine, que Tchersky retrouva dans les montagnes du Baïkal et que Karpinsky a également constaté pour la plate-forme Russe, et qui contraste d'une façon si tranchée avec la diversité des formations subséquentes.

Dans l'ensemble, la partie occidentale du faîte est située plus au Nord que la partie orientale. Du côté du bord méridional, les branches des Altaïdes introduisent certaines complications ou masquent même complètement le dessin primitif.

C'est en vain que nous avons cherché à déterminer si les montagnes bordières, disposées en coulisses à partir des rives septentrionales du Hoang-ho, parviennent à se raccorder au Grand Khingan, ou en d'autres termes s'il se produit un reploiement de ce rameau des Altaïdes sur le domaine oriental de l'ancien faîte. C'est en vain également que nous avons suivi les traces de Mouchkétov dans ses recherches sur les prolongements possibles de l'arêt du Kara-Taou, le long de la ligne de partage entre l'Aral et l'Irghiz. Dans les deux cas, la question a le même objet : il s'agit en effet, ici encore, de savoir si une branche des Altaïdes, le Kara-Taou, retourne dans l'ancien faîte. Quelle que soit la solution que l'avenir réserve à ce problème, il est du moins certain que l'Oural possède une structure harmonique au plissement du faîte, que dans les hautes vallées de l'Aïat, du Tobol et d'autres rivières, cette chaîne montre ses plis arasés jusqu'à une grande distance vers l'Est, et que vers l'Ouest, elle donne naissance à des coulisses témoignant que de ce côté également, il existe une certaine unité dans l'infrastructure.

L'Oural est un groupe de plis posthumes, édifiés sur l'emplacement du faîte primitif. De même que, dans l'Asie Orientale, le mouvement de plissement est dirigé vers l'Est, puis vers le Sud dans les arcs de bordure, dans l'Oural il se dirige vers l'Ouest. On ne peut guère qualifier cette chaîne de formation périphérique, parce qu'un massif précambrien important, la plate-forme russe, est situé plus à l'Ouest, c'est-à-dire extérieurement à l'Oural. Il est vrai qu'on ne connaît pas la structure du fond de l'Océan Paci-

fique dans l'intervalle des guirlandes insulaires, et si la plate-forme russe et la région de la Petchora étaient encore recouvertes aujourd'hui par les eaux marines comme elles l'ont été pendant de si longues périodes, l'Oural ressemblerait absolument aux arcs périphériques de l'Extrême-Orient, et la Novaïa Zemlia ou la presqu'île de Kanin rappelleraient plus encore les arcs à demi submergés de l'Asie Orientale.

Une partie très considérable du faîte primitif de l'Eurasie est enterrée sous les sédiments récents de l'Ob; il reparaît en Europe; tout à fait à l'Ouest, on arrive au chevauchement scandinave. Quelque étrange que cette question puisse paraître, on peut néanmoins se demander si les Carpathes orientales, dans le cas d'une dénudation profonde, ne laisseraient pas également venir au jour dans des « fenêtres » la plate-forme primitive ou sa couverture silurienne horizontale (I, p. 247); et dans les Alpes Occidentales, les relations des synclinaux comprimés de la zone du Briançonnais avec les lambeaux de recouvrement nous ramèneront à une comparaison avec les coupes de la Scandinavie.

Ainsi se délimite, par l'ennoyage du faîte au Nord et par la cicatrice tonalitique au Sud, l'espace par où ont pénétré successivement, vers l'Ouest, les deux branches terminales des Altaïdes, d'abord la branche varisque-armoricaine, puis la branche alpine.

En laissant de côté une foule de questions ouvertes, et tout en restant vague ou incomplet sur des points très importants, l'exposé du plan des lignes directrices a atteint ces régions. Cette partie de la surface terrestre ne représente pas les derniers prolongements des Altaïdes vers l'Ouest et ne coïncide pas non plus, par conséquent, avec l'extrémité occidentale de l'édifice eurasiatique. Elle ne se prête pas à un coup d'œil général sur l'ensemble de cette grande unité tectonique, mais elle répond du moins à l'entrée dans un territoire dont les lignes directrices sont bien connues et où le tracé en a été déjà fréquemment discuté. L'étude des parties suivantes du plan procédera donc avec une allure plus rapide; et nous devrons parfois nous arrêter à des questions qui concernent moins le plan lui-même que le développement ultérieur des plis; en revenant au Nord du faîte primitif, le raccord des chaînes de Verkhoïansk avec celles de l'Alaska nous obligera à entrer dans de nouveaux détails.

Librairie Armand Colin, Paris

Établissement Géogr. de Wagner & Debes, Leipzig

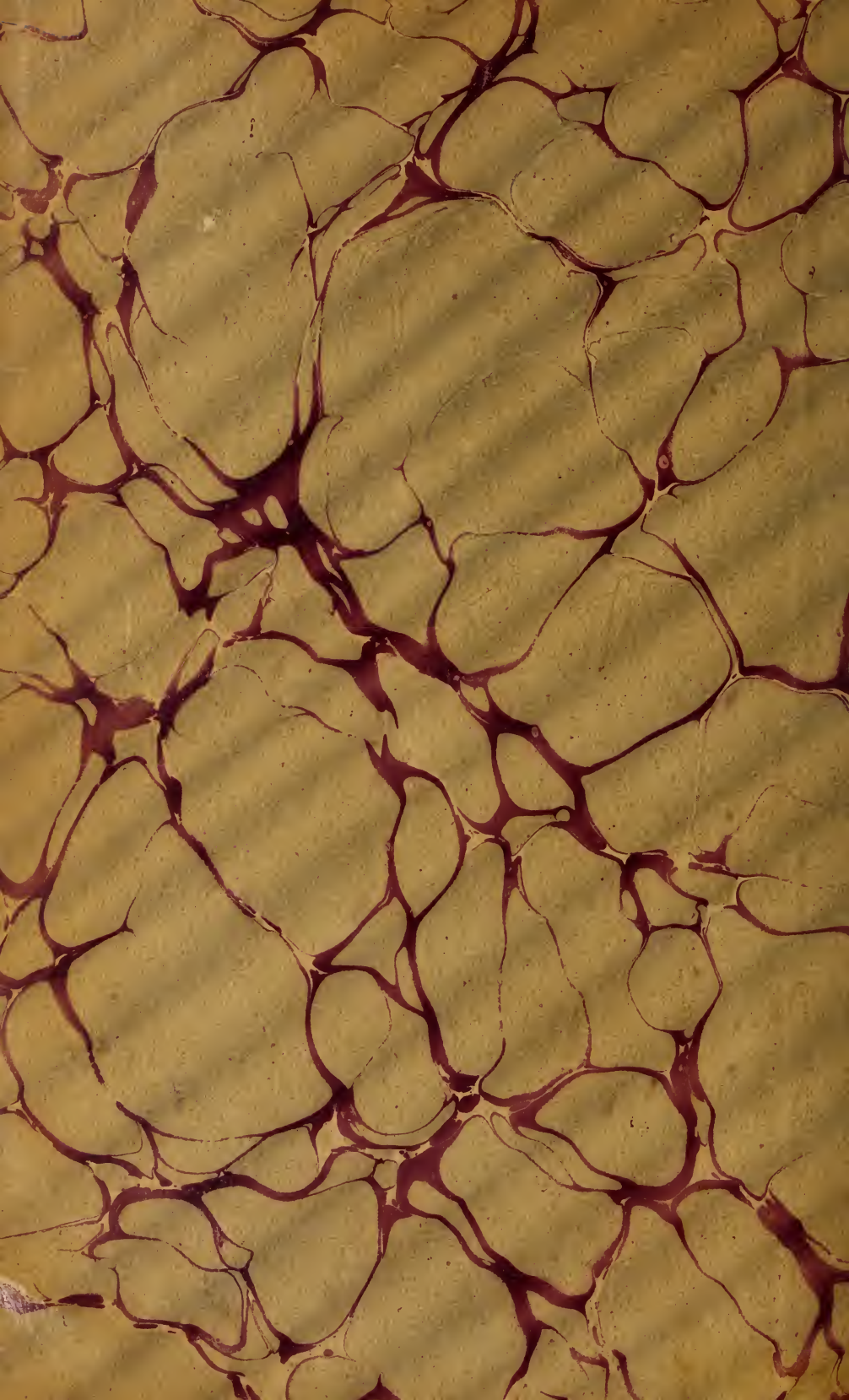
IMPRIMÉ

PAR

PHILIPPE RENOUARD

19, rue des Saints-Pères, 19

PARIS



GB
53
S814
t.3
pt.1

Suess, Eduard
La face de la terre

PLEASE DO NOT REMOVE
CARDS OR SLIPS FROM THIS POCKET

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

UTL AT DOWNSVIEW
D RANGE BAY SHLF POS ITEM C
39 13 04 22 13 019 5